

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1928

THÈSE

N°

210

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

André SELIGMAN

Né à Paris, le 1^{er} Avril 1897

La mesure thermo-électrique
des températures cutanées

Président : M. LABBÉ, professeur.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUBE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1928

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1928

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

André SELIGMAN

Né à Paris, le 1^{er} Avril 1897

La mesure thermo-électrique des températures cutanées

Président : M. LABBÉ, professeur.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUBE & C^{te}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1928

LE DOYEN . . . M. ROGER.

I. — PROFESSEURS

MM.

Hydrologie, thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale.	CUNÉO.
Physiologie	ROGER.
Physique médicale	STROHL
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Bactériologie.	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	Marcel LABBÉ.
Pathologie médicale	SICARD.
Pathologie chirurgicale	LECÈNE.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène	N...
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MÉNÉTRIÉR.
Pathologie expérimentale et comparée	RATHERY.
Clinique médicale	CARNOT.
	BEZANÇON.
	ACHARD.
	WIDAL.
Hygiène et clinique de la première enfance	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants.	NOBÉCOURT
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	JEANSELME.
Clinique des maladies du système nerveux.	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	TEISSIER.
Clinique chirurgicale	DELBET.
	HARTMANN
	LEJARS.
	GOSSET.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique.	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE.
	BRINDEAU.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique.	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale	DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Professeur sans chaire.	BRANCA.
Clinique de la tuberculose	L. BERNARD.



II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

ALAJOUANINE. Neurologie et psychiatrie.
ABRAMI . . . Pathologie médicale.
AUBERTIN . . Pathologie médicale.
BASSET . . . Pathologie chirurgicale.
BAUDOUIN . . Pathologie médicale
BINET . . . Physiologie.
BLANCHETIERE Chimie biologique.
BROCQ . . . Pathologie chirurgicale.
BRULÉ . . . Pathologie médicale.
CADENAT . . Pathologie chirurgicale.
CHABROL . . Pathologie médicale.
CHIRAY . . . Pathologie médicale.
CLERC . . . Pathologie médicale.
DEBRÉ . . . Hygiène.
DOGNON . . . Physique.
DONZELOT . . Pathologie médicale.
DUVOIR . . . Médecine légale.
ÉCALLE . . . Obstétrique.
FIESSINGER . Pathologie médicale.
GARNIER . . Pathologie expérimentale
GATELLIER . Pathologie chirurgicale.
HARVIER . . Pathologie médicale.
HEITZ-BOYER Urologie.
HOVELACQUE . Anatomie.

MM.

HUTINEL . . . Pathologie médicale.
JOYEUX . . . Parasitologie.
LABBÉ (Henri) Chimie biologique.
LARDENNOIS Pathologie chirurgicale
LEMAITRE . . Oto-rhino-laryngologie.
LEROUX . . . Anatomie pathologique.
LÉVY-SOLAL . Obstétrique.
LHERMITTE . Pathologie mentale.
LIAN Pathologie médicale.
MATHIEU . . Pathologie chirurgicale
METZGER . . Obstétrique.
MONDOR . . Pathologie chirurgicale,
MOURE . . . Pathologie chirurgicale.
MULON . . . Histologie.
PHILIBERT . Bactériologie.
QUÉNU . . . Pathologie chirurgicale
RICHET Fils . Physiologie.
SÉZARY . . . Dermatologie et syphiligraphie.
VALLERY-RADOT
 (Pasteur) . . Pathologie médicale.
VAUDESCAL . Obstétrique
VELTER . . . Ophtalmologie
VERNE . . . Histologie.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

BUSQUET Pharmacologie.
GUENIOT Obstétrique.
LEQUEUX Obstétrique.
NEVEU-LEMAIRE . Parasitologie.

MM.

RETTERER . . Histologie.
TANON . . . Pathologie médicale
ZIMMERN Physique.

IV.— AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

A TITRE PERMANENT

MM.

ALGLAVE . . Clinique chirurgicale.
 AUVRAY . . Clinique chirurgicale.
 CHEVASSU . . Clinique chirurgicale.
 GOUGEROT . . Clinique médicale.
 LAIGNEL-LAVASTINE . Clinique médicale.
 LE LORIER . . Clinique obstétricale.

MM.

LEREBoullet. Clinique médicale in-
 fan tile.
 LÉRI Clinique médicale.
 MOCQUOT . . Clinique chirurgicale
 PROUST . . . Clinique chirurgicale.
 SCHWARTZ . Clinique chirurgicale

V. — CHARGÉS DE COURS

MM. MAUCLAIRE, agrégé.	{	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail. les mutilés de guerre et les infirmes adultes
FREY		Stomatologie.
CHAILLEY-BERT		Éducation physique.
LEDoux-LEBARD		Radiologie clinique.

Par délibération en date du 9 décembre 1796, l'Ecole a arrêté que les opinions, émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENTS

A MON MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR MARCEL LABBÉ

Professeur de Pathologie et de Thérapeutique générales
Médecin de l'Hôpital de la Pitié
Membre de l'Académie de Médecine

*En témoignage de ma reconnaissance
et de mon respectueux attachement.*

A MON MAITRE

M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ S. I. DE JONG (*in memoriam*)

*Qui fut mon maître de stage
d'externat et d'internat, en témoi-
gnage de ma profonde gratitude.*

A MES MAÎTRES DANS LES HOPITAUX

STAGE :

M. le Professeur DEBOVE (*in memoriam*).

M. le D^r MICHAUX (*in memoriam*).

M. le Professeur BEZANÇON.

M. le Professeur agrégé S. I. DE JONG (*in memoriam*).

EXTERNAT :

M. le Professeur VAQUEZ.

M. le Professeur MARCEL LABBÉ.

M. le Professeur agrégé S. I. DE JONG (*in memoriam*)

INTERNAT :

M. le D^r BROUARDEL.

M. le Professeur agrégé S. I. DE JONG (*in memoriam*).

M. le Professeur agrégé BAUDOUIN.

M. le Professeur MARCEL LABBÉ.

A MM. les D^{rs} ALAJOUANINE, ET. BERNARD,
BINET, BORDET, CHARRIER, DELHERM,
DONZELOT, LAUNAY; LECONTE (*in memoriam*),
ZIMMERN, BITH, HEITZ, LOMON, MOREL-
KAHN, NEPVEUX, ROLLAND, ROUBAUD,
THOYER ROZAT, TURQUETY, VIOLLE.

PREMIÈRE PARTIE

SIGNIFICATION ET MESURE DES TEMPÉRATURES CUTANÉES

I

INTRODUCTION

La température de la surface cutanée est fonction de l'équilibre constamment modifié entre la perte de chaleur soit par rayonnement soit par évaporation cutanés et l'apport de chaleur des tissus sous-jacents.

L'importance du rayonnement dans l'équilibre énergétique apparaîtra nettement si l'on se rappelle que, d'après les mesures calorimétriques d'Atwater, sur les 2.300 calories émises par un sujet au repos, environ les $3\frac{3}{4}$ sont émises par rayonnement.

La loi du rayonnement de Newton $q = k (T - t)$ (1) s'applique-t-elle en physiologie ? Peut-on d'après les

1. Q = quantité de chaleur ; k = coefficient de rayonnement variable avec chaque couple de corps ; T = température du corps chaud rayonnant ; t = température du corps froid.

variations de température cutanée chiffrer les variations de chaleur rayonnée ?

La loi de Newton a été formulée pour des corps inertes dont la température est uniforme de la surface à la profondeur, et dont l'état physique est stable par définition. Le corps humain au contraire possède un centre plus chaud que la périphérie, et les tissus immédiatement sous-jacents à l'épiderme sont déjà sensiblement plus chauds que lui. Si on se rappelle que toutes les substances ne sont pas complètement opaques au rayonnement calorifique, on peut se demander si à côté du rayonnement de surface, il n'existe pas un rayonnement des plans immédiatement sous-jacents, capable de varier avec leur état de vascularisation, sans que la température de surface soit modifiée. En outre le coefficient de rayonnement de la peau sèche n'est pas *à priori* identique à celui de la peau mouillée. En d'autres termes il faut vérifier expérimentalement si, à température égale, et abstraction faite de l'évaporation, une peau mouillée n'émet pas, par simple rayonnement, une quantité de chaleur supérieure à celle émise par la peau sèche.

L'évaporation sudorale constitue le deuxième mode de refroidissement de la peau. Même au repos, un sujet élimine par la peau une certaine quantité d'eau que Bénédict estime à une vingtaine de grammes par heure, soit la moitié de la perte de poids insensible que subit constamment l'organisme.

L'intensité du refroidissement est proportionnelle

à la quantité de liquide évaporé. A 100° la chaleur de vaporisation est de 537 calories par kilogramme d'eau. A une température inférieure cette chaleur de vaporisation augmente suivant la formule de Regnault.

$$L = 606,5 - 0,695 t \text{ (1).}$$

Vers 35°, il faudra environ 580 calories pour vaporiser un litre d'eau.

A ces moyens de régulation thermique cutanée, il faut ajouter l'évaporation pulmonaire dont les expériences de Richet ont montré l'importance.

L'apport thermique se réalise de deux manières : par conduction et par convection.

Par conduction, la chaleur se propage de proche en proche des tissus chauds vers la surface voisine. La topographie thermique de surface reflète assez nettement la topographie profonde et permet de retrouver ses variations.

La convection est réalisée par le système circulatoire qui emporte la chaleur des organes producteurs et la répartit dans l'ensemble du corps. La partie périphérique de ce système subit des variations de vaso-constriction et de vaso-dilatation qui sont capables d'influencer la température de surface. Les variations de température cutanée permettront d'explorer les réactions du système circulatoire.

1. L = chaleur de vaporisation ; t = température en degrés centigrades.

II

L'APPAREILLAGE

La mesure des températures cutanées doit être faite sans troubler l'équilibre qui les détermine. Un thermomètre d'une masse thermique appréciable modifiera considérablement la température qu'il prétend mesurer. D'autre part une longue application de l'appareil crée une nouvelle cause d'erreur. Si le thermomètre supprime pendant un certain temps la radiation du point qu'il recouvre, la température augmente d'autant, et nous aurons l'occasion de voir que ces élévations sont de l'ordre de grandeur du degré.

C'est pourquoi les températures cutanées ne peuvent guère être mesurées avec un thermomètre à mercure, même spécialement étudié. Seules apparaissent les grosses différences dues par exemple à une inflammation locale ou aux troubles circulatoires qui accompagnent les paralysies réflexes. Mais des variations de 1 ou 2 degrés sont du même ordre de grandeur que les erreurs d'expérience et risquent de passer complètement inaperçues.

Un couple thermo-électrique au contraire échappe à ces causes d'erreur. Constitué par du fil mince, de

quelques dixièmes de millimètre de diamètre, il n'apporte qu'une masse thermique minime, et par cela même il prendra rapidement une température voisine de celle de la surface à étudier.

La première application du couple thermo-électrique aux mesures physiologiques a été faite en 1835 par Becquerel et Breschet, qui ont soudé leurs éléments en forme d'aiguille, et pu ainsi explorer la température profonde d'un muscle par exemple.

Si Claude Bernard a, par des sondes thermo-électriques analogues, exploré la température de l'appareil circulatoire, il faut arriver à Brown-Sequard et Lombard en 1868 pour voir ébaucher une étude thermo-électrique des températures cutanées, sujet auquel Gassot consacra sa thèse 5 ans plus tard.

A la fin du XIX^e siècle Kunkel et Rubner ont précisé ces données, puis la méthode tomba dans un oubli presque complet, à peine interrompu par les recherches de bioénergétique de Lefèvre, qui explore en passant les températures cutanées.

En 1916, Babinski, Froment et Heitz, employant le pyromètre de Mme Grunspan-Brancas, ont remarqué l'abaissement de températures cutanées qui accompagne les troubles vaso-moteurs des paralysies réflexes.

A part quelques essais isolés faits avec des moyens insuffisants, c'est tout jusqu'à ces dernières années où F. G. Benedict, le successeur d'Atwater au Nutrition Laboratory de Washington a repris cette ques-

tion. Il a utilisé des couples thermo électriques dont il a mis un modèle à notre disposition (1).

Le schéma de l'appareil est très simple : un fil de cuivre et un fil en alliage de constantan sont soudés par leurs deux extrémités. De ces deux sou-

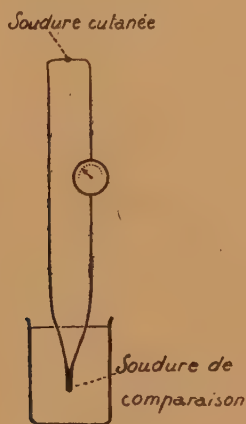


Figure 1
Schéma d'appareillage

dures l'une est placée à une température connue, c'est la soudure de comparaison et l'autre est appliquée sur la surface de peau à étudier, dont elle prend la température : c'est la soudure cutanée.

1. Une autre méthode thermo-électrique, la méthode bolométrique, est fondée sur la diminution de conductibilité du métal qui s'échauffe. Deux spirales métalliques identiques sont placées l'une sur la peau, l'autre dans un bain à température connue, et leurs résistances sont comparées grâce à un montage en pont de Wheastone. Cet appareil est extrêmement sensible, jusqu'à 1/5000 de degré pour certains. Mais cette sensibilité n'a aucune signification si la température de la spirale n'est pas exactement celle de la peau, et bien qu'on ait réalisé des spirales bolométriques minuscules, dont le poids ne dépasse pas 4 milligrammes, le couple thermo-électrique qui ne comporte qu'un fil plan paraît se prêter mieux à une adaptation thermique satisfaisante.

On obtient ainsi un courant proportionnel à la différence de température entre les 2 soudures, et on mesure ce courant à l'aide d'un galvanomètre sensible intercalé dans le circuit.

Le couple est constitué par des fils de 5/10 de millimètre de diamètre et de 2 mètres de longueur.

Le constantan présente parfois des défauts d'homogénéité capables de créer des forces électro-motrices parasites. C'est pourquoi Benedict conseille d'éprouver le segment dont on se servira en le montant aux 2 bornes d'un galvanomètre, et en déplaçant tout le long de ce fil une cupule contenant de la paraffine fondue à 55°. Les segments dans lesquels le chauffage provoquera un courant seront rejetés, et l'on choisira un segment dont la neutralité thermo-électrique sera démontrée par cet essai. De même on ne pratiquera jamais une soudure à l'étain, et si un fil casse, seule la soudure autogène pourra être utilisée.

Ces points électro-moteurs parasites sont d'autant plus nuisibles qu'ils subissent des variations de température considérables au cours d'une mesure, si un hasard malencontreux les place au voisinage du pôle d'application cutanée, dans une portion que l'opérateur manipule, et ne tarde pas à amener à la température de sa main. Tandis qu'on cherche à mesurer des différences de température faibles, ces points sont échauffés de 10 ou 15 degrés et produisent des courants parasites de même grandeur que les courants à mesurer.

La soudure cutanée sera faite bout à bout, au milieu de la branche d'union des 2 jambages d'un U.

Cette soudure est maintenue par un support ingénieusement étudié par Benedict et qui comprend 3 pièces.

1° Un manche en ébonite creux par où arrivent les fils enveloppés de leur isolant ;

2° Le prolongeant un support plat fait de 2 lames de mica serrés entre 2 lames de cuivre. Les fils nus passent tout au milieu, entre les deux lames de mica ;

3° Une pièce en ébonite, facilement amovible, et qui protège la face supérieure des fils dans leur portion libre, au voisinage de la soudure. A la soudure elle-même correspond un puits rempli de coton cardé.

De la sorte, les fils sont appliqués contre la peau sur plusieurs centimètres, et la température de la soudure n'est pas modifiée par le voisinage immédiat du fil froid.

Nous donnons ci-contre un schéma et le texte original de Benedict concernant ce support.

Ce support est fait d'un morceau de caoutchouc durci, ou de « Bakélite », à une extrémité (h) duquel on perce un trou (o) de 11 mm. de diamètre et de 9 mm. de profondeur. Ce trou est rempli de coton cardé. Sur la face du support est creusée une petite rainure dans laquelle on peut glisser le crampon maintenant la jonction. Celle-ci est protégée de

chaque côté par un morceau de mica, m, m ; ces morceaux de mica sont rigidement maintenus ensemble par deux vis, dans deux petites plaques de cuivre, b, b. Le crampon maintenant la jonction est fixé par une simple attache à ressort, c, à la partie de caoutchouc, h, du support, de telle sorte que

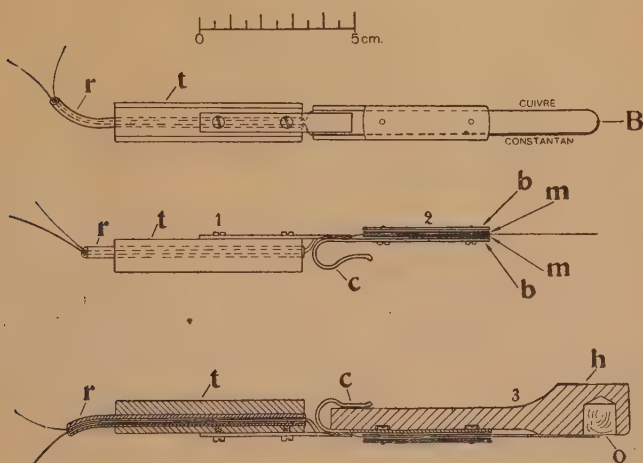


Fig. 2
Schéma du support de Benedict
(D'après Benedict in *Journal de physiologie*).

quand cette partie, h, est en place, la boucle de la jonction vient exactement sur le centre du trou o de la partie en caoutchouc durci. Cette pièce de caoutchouc protège ainsi complètement la boucle fragile. Pour éprouver ce support, comparaison fut faite entre une jonction ainsi protégée, et une ainsi posée librement sur la peau, recouverte ou non d'une couche légère d'ouate. Cette ouate protectrice avait pour but essentiel d'éviter l'action immédiate de la

température ambiante. Le support de caoutchouc durci n'affecta en rien la température de la soudure.

Du support jusqu'au voisinage de la soudure de comparaison, les fils sont noyés dans un tube de caoutchouc qui les protège. Malgré ces précautions, le constantan qui manque de souplesse, peut se rompre à l'entrée du manche du support. Aussi, pour diminuer la mobilité de ce segment, introduisons-nous dans l'origine du tube de caoutchouc une courte baguette semi-rigide.

Le montage sera complété par un interrupteur de cuivre intercalé sur le fil de cuivre, de façon à éviter la formation de couples parasites.

Nous avons utilisé suivant les indications de Benedict un galvanomètre de Desprez et Darsonval à cadre mobile et à miroir, avec un enroulement de faible résistance, une vingtaine d'ohms.

Un galvanomètre à corde aurait présenté l'avantage de donner des lectures instantanées, et de se prêter à des enregistrements graphiques extrêmement instructifs. De fait, Benedict a enregistré avec cet appareil les températures obtenues en promenant en 80 secondes la soudure cutanée depuis la tête jusqu'aux pieds.

La soudure de comparaison doit être placée dans un bain à température connue, et voisin des températures à mesurer, soit 30 à 35°. Une bouteille thermos ordinaire de 1 litre convient parfaitement pour cet usage. Il suffit de percer dans le bouchon de

liège un trou qui livre passage aux fils enroulés autour d'un thermomètre gradué en dixièmes de degrés. On a ainsi placé sa soudure à une température que l'on peut connaître à chaque instant, et qui ne baisse guère que de $\frac{3}{10}$ de degré en 2 heures.

Bénédict a construit un thermostat qui maintient indéfiniment le bain au voisinage de la température choisie. Ce coûteux appareil est évidemment très commode, mais il n'est pas indispensable, même pour des mesures parfaitement correctes.

Le galvanomètre donne des indications variables avec le courant qui le traverse. Il faut l'étalonner, pour connaître la différence de température correspondant à ses déviations.

La soudure de comparaison est placée dans la bouteille thermos, et on lit le thermomètre à mercure qui indique sa température. La soudure cutanée est placée dans un bain d'alcool ou d'eau distillée qui n'est pas conductrice, et on mesure avec un deuxième thermomètre la température de ce bain. A la différence ainsi connue correspond une déviation donnée du galvanomètre. L'équivalent en degrés de un centimètre de déviation est donné par une simple règle de trois. C'est le quotient de la différence de température par la déviation.

Si par exemple, à $1^{\circ}5$, correspond une déviation 3,3 centimètres, une déviation de 1 cm. vaudra 3,3 fois moins, soit $0^{\circ}45$.

Il faut faire l'étalonnage avec des différences de température allant de 1° à 4° ou 5° , et rechercher

jusqu'où les déviations du galvanomètre sont proportionnelles aux variations de température. Au delà de cette limite, ses indications ne seront valables que moyennant une correction.

Les déviations seront de sens opposé selon que la soudure cutanée sera plus chaude ou plus froide que la soudure de comparaison, mais resteront de même grandeur pour des différences numériquement égales.

Nous avons l'habitude de monter les fils de telle sorte que l'échauffement de la soudure cutanée donne une déviation vers la droite, et son refroidissement une déviation vers la gauche. Il faut donc ajouter à la température du bain thermos l'équivalent en degrés des déviations vers la droite, et retrancher celui des déviations vers la gauche. Nous dirons indifféremment déviation vers la droite, ou déviation vers les températures chaudes, ou déviation positive.

La résistance du galvanomètre augmente légèrement avec sa température ; l'étalonnage n'est rigoureux que pour une température donnée du milieu ambiant. En fait il est rare que la pièce où l'on travaille s'écarte sensiblement des 18 à 20° normaux.

Un couple et un galvanomètre à miroir tels que nous les avons décrits donnent des déviations de plus de un centimètre pour $1/2$ degré. L'appareillage avec lequel nous travaillons habituellement donne dans une pièce à 20° une déviation de 1 centimètre pour 0°45, 1 millimètre vaut donc 0°045, et comme

on pourrait lire facilement le demi-millimètre la sensibilité électrique de l'appareil permettrait d'apprécier le quarantième de degré.

Mais cette précision n'est pas atteinte en pratique, car on ne peut faire prendre à la soudure cutanée une température strictement égale à celle de la peau sans modifier celle-ci par l'application de l'électrode. Nous allons voir que la mesure réelle comporte une marge d'erreur de 2 à 3 dixièmes de degré.

III

TECHNIQUE DES MESURES

Une étude détaillée de la technique des mesures des températures cutanées peut sembler inutile, et même un peu surprenante. En réalité il faut beaucoup de soin pour obtenir des séries de chiffres cohérents.

Deux causes d'erreur sont d'abord à éliminer :

Variations de température du bain où est placée la soudure de comparaison.

Variations du point d'application de la soudure cutanée.

La température du bain de la bouteille thermos descend lentement, d'environ $1/10$ de degré en trois quarts d'heure. Il faut donc vérifier assez fréquemment le thermomètre à mercure qui plonge dans ce bain et faire la correction.

On pourrait prendre note de la nouvelle température et ajouter ou retrancher de ce chiffre nouveau l'équivalent en degrés des déviations du galvanomètre. Il nous paraît plus simple de faire la correction par déplacement de l'échelle du galvanomètre.

Si la température du bain a baissé de 110° de degré, ce qui correspond à une déviation de 2,2 millimètres,

il suffira de déplacer l'échelle de cette quantité vers la droite, vers les températures chaudes. L'image du fil du galvanomètre au repos viendra se projeter à 2,2 millimètres à gauche du zéro, vers les températures froides. Si la soudure cutanée est plus chaude que la soudure de comparaison de $1/10$ de degré, si elle est précisément à la température que le bain avait tout à l'heure, une déviation de 2,2 millimètres se produira vers la droite et l'image du fil reviendra exactement sur le zéro de l'échelle.

On peut ainsi corriger sans calcul le refroidissement du bain thermos, et comparer directement les chiffres de déviation obtenus à différents moments d'une séance.

D'autre part la température de la peau varie rapidement d'un point à un autre. On ne peut considérer *à priori* comme isothermes deux points situés à quelques millimètres l'un de l'autre, et un déplacement de 1 centimètre dans certaines régions correspond à une différence de température de l'ordre du degré.

Aussi devra-t-on repérer au crayon dermographique les points à étudier.

Les conditions de la mesure sont différentes selon que la peau est nue ou recouverte de vêtements.

Sur la peau nue, lorsqu'on applique la soudure cutanée sans précaution spéciale, on voit le faisceau lumineux et l'ombre du fil médian réfléchis par le miroir se déplacer vers la droite sur l'échelle du galvanomètre, rester un instant stationnaire, puis redes-

cendre lentement pendant plusieurs minutes pour remonter ensuite au delà du niveau primitif.

C'est que l'on a accumulé les causes d'erreur.

D'abord le miroir, pour accomplir une rotation qui déplace son image sur toute la longueur de l'échelle met un temps relativement long, pendant lequel la température de la peau se modifie.

Ensuite on a placé sur la peau une pièce d'ébonite sans doute peu conductrice de chaleur, mais la différence de température excessive entre l'ébonite froid et la peau crée tout de même un refroidissement.

Si au contraire, avant de commencer les mesures, on a réchauffé le support par un contact de plusieurs minutes avec une région de la peau éloignée du point à mesurer, puis si on l'a amené au voisinage immédiat de cette température par une application de quelques secondes à côté de ce point, les résultats sont très différents.

Après peu de secondes, l'ombre du fil semble s'arrêter. C'est à ce moment, entre la 6^e et la 10^e seconde que l'on doit faire la lecture. Si on attend encore quelques instants on voit que l'ombre n'est pas tout à fait immobile, elle continue à se déplacer vers la droite, de quelques millimètres par minute. Que signifie cet échauffement que le contact de l'ébonite froid masquait tout à l'heure ?

N'est-ce pas le support qui achève de prendre la même température que la peau ? Non, car si l'on place d'abord la soudure sur un point un peu plus

chaud, puis sur le point plus froid à étudier, l'ombre se déplace vers la gauche pendant les 4 ou 5 secondes nécessaires à l'établissement de l'équilibre, s'arrête quelques instants, et repart en sens inverse vers la droite.

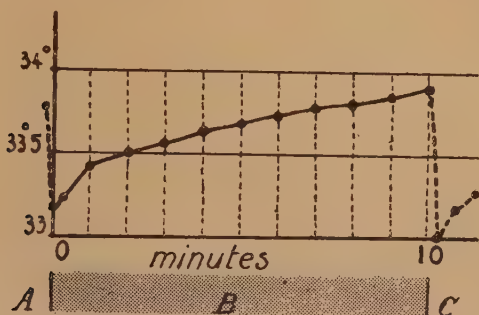


Figure 3

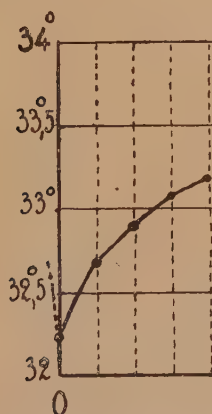


Figure 3 bis

Echauffement cutané par application prolongée du support.

Par exemple 3 points A, B, C, ont été préalablement repérés. Leurs températures sont respectivement de 33°7, 33°2 et 33°.

La soudure est d'abord placée sur le point A, où elle prend la température de 33°7.

Elle est ensuite portée sur B. L'équilibre thermique s'établit rapidement. En 4 à 6 secondes l'image du fil a dévié vers la gauche d'une douzaine de millimètres, soit environ 5/10 de degré. La température de B est de 33°2.

Vers la 10^e seconde le mouvement reprend, mais en sens inverse. L'ombre est déviée à droite de 1 millimètre vers la 15^e seconde, de 3 millimètres vers la 30^e, de 5 millimètres, soit un peu plus de 2/10 de degré vers la 60^e. Après 10 minutes, la déviation atteint 14 millimètres, soit environ 6/10 de degrés.

En dernier lieu la soudure est transportée au point C qui sert de témoin, et dont la température de 33° n'a pas varié.

L'échauffement peut parfois être plus rapide, nous l'avons vu atteindre 9 dixièmes de degré en 5 minutes.

L'élévation thermique par application continue du support nous a paru absolument constante à condition que celui-ci ait été réchauffé au préalable en le posant pendant un temps suffisant 10 minutes par exemple, sur un point de la peau que l'on n'aie pas à étudier.

C'est qu'un phénomène nouveau est intervenu : la suppression du rayonnement cutané. Le support isole le segment de peau qu'il recouvre, s'oppose au rayonnement, et la température s'élève pendant plusieurs minutes. Il en résulte que les mesures

faites après une longue application du support seront entachées d'une erreur systématique, et que si l'on ne s'astreint pas à lire le galvanomètre à un moment bien déterminé, entre la 6^e et la 10^e seconde, on aura difficilement 2 chiffres semblables pour un même point de la peau.

Lorsqu'on se contente d'étudier les variations thermiques d'un point unique, 3 artifices permettent d'obtenir des chiffres, entachés sans doute d'une erreur systématique, mais erreur toujours identique à elle-même, et qui n'empêche pas de constater des variations même minimes, d'une fraction de dixième de degré.

Ces artifices sont au nombre de 3 :

L'application continue sous support ;

L'application continue à fil nu ;

L'application discontinue sous support, avec dans l'intervalle application de l'électrode sur un point voisin déterminé à température invariable.

Quant on applique le support sur un point donné, l'échauffement de ce point par suppression du rayonnement n'est pas illimité. Après un temps variable, 8, 10, 12 minutes, un nouvel équilibre s'établit, et si un réchauffement se produit ensuite, il sera nettement apparent. Mais on peut craindre qu'un petit refroidissement dû à une vaso constriction par exemple, ne soit masqué, puisque le rayonnement est supprimé par le support en ébonite.

Aussi peut on enlever cette pièce d'ébonite, la pièce III du schéma, et placer le fil nu sur la peau :

On l'y appliquera plus exactement en pesant sur lui à quelque distance de la soudure avec une mince baguette de bois. Dans ces conditions, le fil prend assez lentement une température un peu inférieure à celle de la peau, car il tend à se refroidir par sa face libre, mais les variations de température cutanée sont enregistrées fidèlement. Le seul inconvénient de cette manière d'appliquer le fil est l'influence excessive du moindre changement de position ; un léger mouvement rendant moins intime le contact du fil avec la peau amène un refroidissement de la soudure. De même la contraction du muscle sous-jacent qui devient saillant et rend la région convexe. Il nous a été impossible d'étudier à fil nu la température de la peau qui recouvre le biceps, lorsque celui-ci passe de l'état de repos à celui de contraction statique.

On peut alors mesurer la température de ce point en remplaçant le support d'ébonite, et en appliquant l'électrode d'une manière discontinue. Il suffit, entre les mesures qui seront faites à intervalles égaux, de poser l'électrode sur un point de la peau toujours le même, choisi à une température voisine, et au moment de la mesure, de lire le galvanomètre strictement au même temps.

Sous les couvertures, l'élévation de température par application du support est négligeable, le rayonnement étant déjà très réduit à l'avance. Aussi, à condition de repérer le point à mesurer par une bande de diachylon collée sur la peau, peut-on

obtenir des mesures fort exactes. Mais cette protection immobilise le sujet, et ne se prête qu'à un nombre restreint de recherches.

Sous les vêtements au contraire, il est illusoire d'espérer pratiquer une série de mesures sans refroidissement cutané. On ouvre rapidement le vêtement, et seulement au niveau du point à étudier, on le réajuste au mieux pendant les quelques instants de l'application de la soudure, et on évite de mesurer successivement la température d'un grand nombre de points voisins. Malgré tout, les mesures de contrôle sont souvent décevantes.

En fin de compte la plupart des mesures sont effectuées sur peau nue.

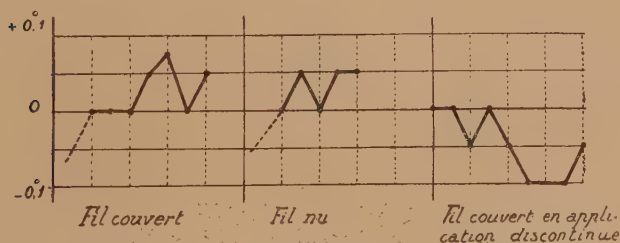


Fig. 4

Précision des mesures sur un point unique.

Quelle précision en attendre ?

Quant on étudie un point unique, les 3 artifices que nous avons décrits permettent d'obtenir des chiffres concordants à moins de 1/10 de degré près. L'application discontinue un peu moins précise, est la moins attaquable au point de vue physiologique, précisément parce que la peau est libre pendant la

plus grande partie du temps de l'expérience. et que les troubles circulatoires dus à l'application de l'électrode sont réduits au minimum.

Les mesures en série sur différents points de la peau nue donnent des chiffres beaucoup plus inégaux. Laissons de côté les erreurs considérables, de 1 ou 2 degrés dues à une application du support sans réchauffement préalable au début de la séance, à l'absence du repérage du point étudié. Nous aurons en vue uniquement les mesures faites dans les conditions que voici :

Réchauffement du support pendant 4 minutes avant le début de la série.

Application préalable de quelques instants à courte distance du point à mesurer, lorsque le point précédent est éloigné de plus de 5 centimètres.

Repérage du point au crayon dermatographique.

Lecture du galvanomètre entre la 6^e et la 10^e seconde de l'application, soit habituellement à la 8^e seconde. A ce moment, l'ombre du fil doit être pratiquement immobile. Sinon il faudra attendre un peu plus longtemps, mais la mesure risque bien davantage d'être erronée.

Pour nous rendre compte de la valeur des chiffres obtenus, nous avons comparé 2 séries de mesures pratiquées sur les mêmes points, sur un sujet en équilibre thermique dans une pièce, et dans un délai assez court pour que ses températures soient à coup sûr restées invariables.

Nous donnons ci-contre la représentation gra-

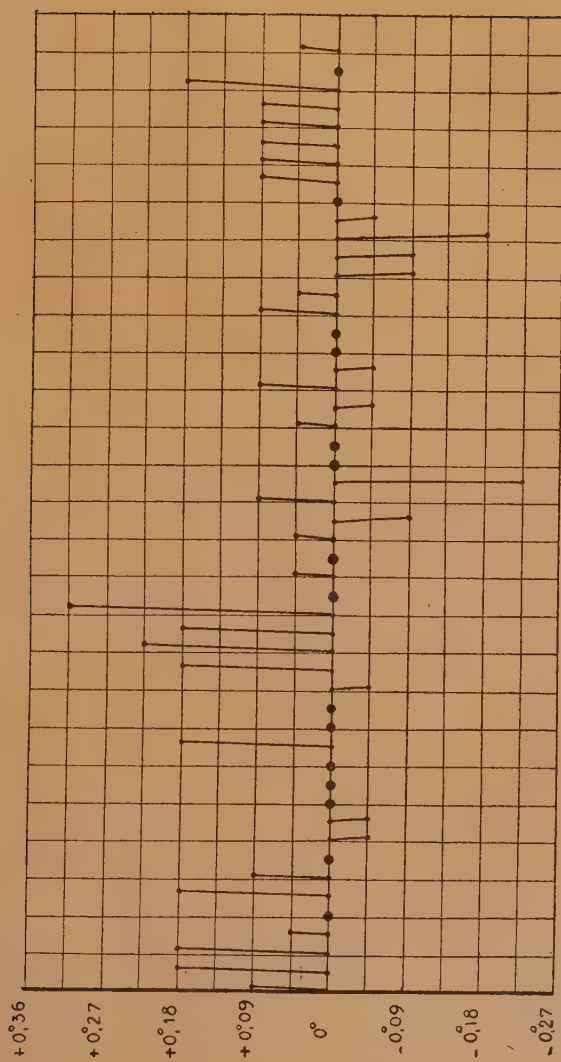


Fig. 5
Précision des mesures en série.

phique des écarts obtenus sur 50 couples de mesures. Comme on le voit, l'écart maximum est de 2 à 3 dixièmes de degré.

En résumé le type d'appareillage que nous avons employé permet la mesure des températures cutanées à 2 ou 3 dixièmes de degré près.

Quand on étudie les variations thermiques d'un seul point, certains artifices permettent d'obtenir des séries de chiffres entachés d'une erreur systématique invariable, et comparables entre eux à une fraction de dixième près.

DEUXIÈME PARTIE

TEMPÉRATURES PHYSIOLOGIQUES

IV

TEMPÉRATURES CUTANÉES DU SUJET NU

L'enregistrement graphique par un galvanomètre à corde fournit des renseignements rapides et complets sur la topographie des températures cutanées. C'est la méthode de choix pour ce genre d'études. Nous reproduisons ci-contre une série d'enregistrements obtenus par Bénédic en promenant en 80 secondes la soudure cutanée depuis l'épaule jusqu'au pied.

Ces enregistrements ont été pris sur un sujet nu, exposé à une température donnée depuis un temps suffisant pour que sa température cutanée ait pris un équilibre constant. L'expérience a été répétée 4 fois, après une exposition de 2 h. 30 aux températures suivantes :

30°, 25°8, 19° et 14°6

Dès le 1^{er} coup d'œil, on voit que dans une pièce à 30°, les écarts de température entre les différents points du corps sont peu accentués.

Face postérieure

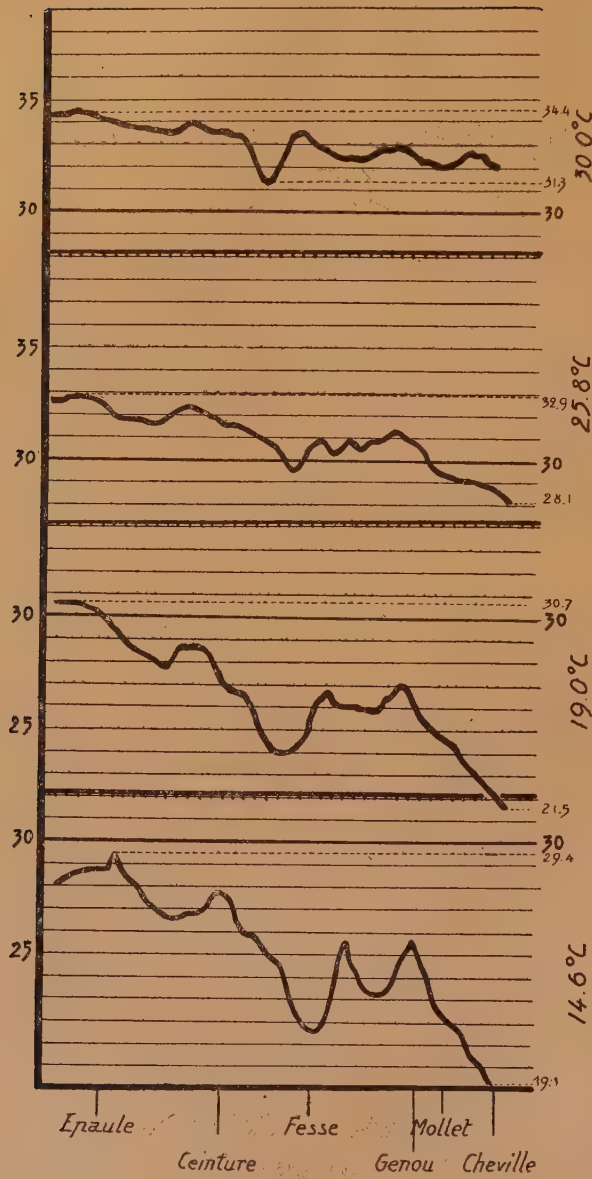


Figure 6

Températures cutanées du sujet nu
(d'après Benedict in Bull. soc. Hygiène Alimentaire)

Face antérieure

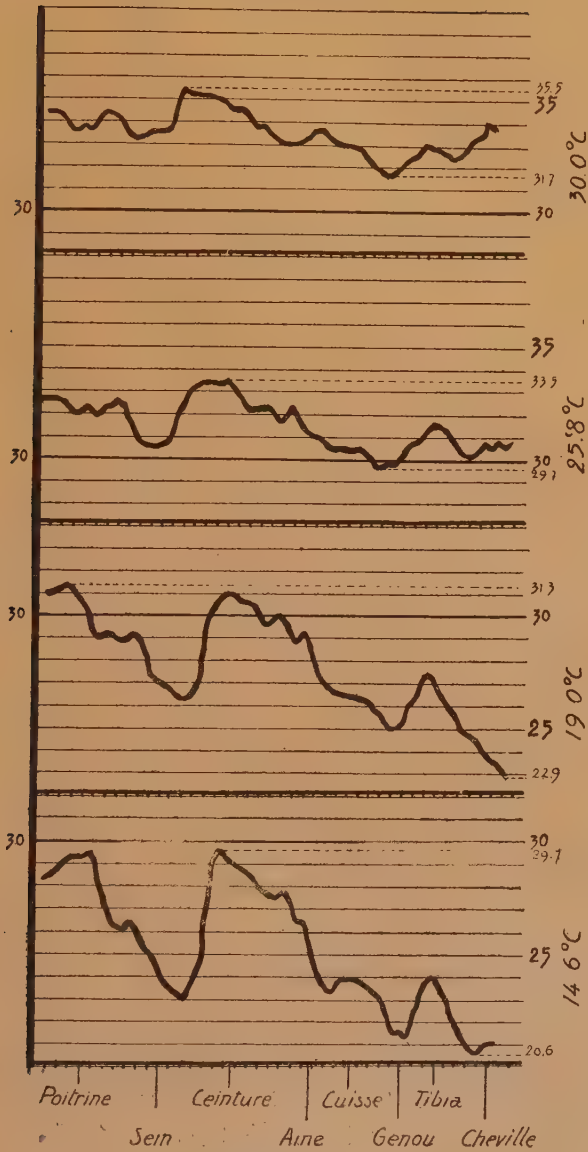


Figure 6 bis

Températures cutanées du sujet nu
(d'après Benedict, in Bull. soc. Hygiène Alimentaire).

A mesure que l'on passe dans une atmosphère plus froide, les écarts augmentent, certaines zones se refroidissant plus que les autres. Ce sont les extrémités, et les régions comme le sein, la fesse, la face antérieure du genou, qui sont isolées des tissus profonds par une couche grasseuse ou du tissu osseux. Dans un milieu à 19° l'écart entre l'épaule qui est le point le plus chaud, et le pied, qui est le point le plus froid atteint environ 9° . Il dépasse 10° dans un milieu à $14^{\circ}6$. Il est à peine moindre entre l'épaule d'une part, le sein, la fesse et le genou d'autre part.

On peut chiffrer la différence de température entre la peau et le milieu extérieur, de façon à établir la formule du rayonnement d'après la loi de Newton.

La température moyenne de la ligne étudiée est facile à établir; il suffit de mesurer la surface inscrite entre la courbe et la ligne de 20° par exemple. Conformément au procédé classique, on reporte le graphique sur un papier homogène, on découpe la surface à mesurer, et on compare le poids de ce fragment à celui d'un fragment de surface connue, correspondant par exemple à 10° .

Nous avons pris ainsi la moyenne entre les surfaces des 2 courbes de dos et de face, et obtenu les températures moyennes de :

$33^{\circ}2$, $30^{\circ}6$, $27^{\circ}1$ et $25^{\circ}7$

pour les 4 expositions à 30° , $25^{\circ}8$, 19° et $14^{\circ}6$.

Mais cette température moyenne de 2 lignes sur le corps n'est pas la température moyenne de la surface cutanée elle-même. La température n'est pas

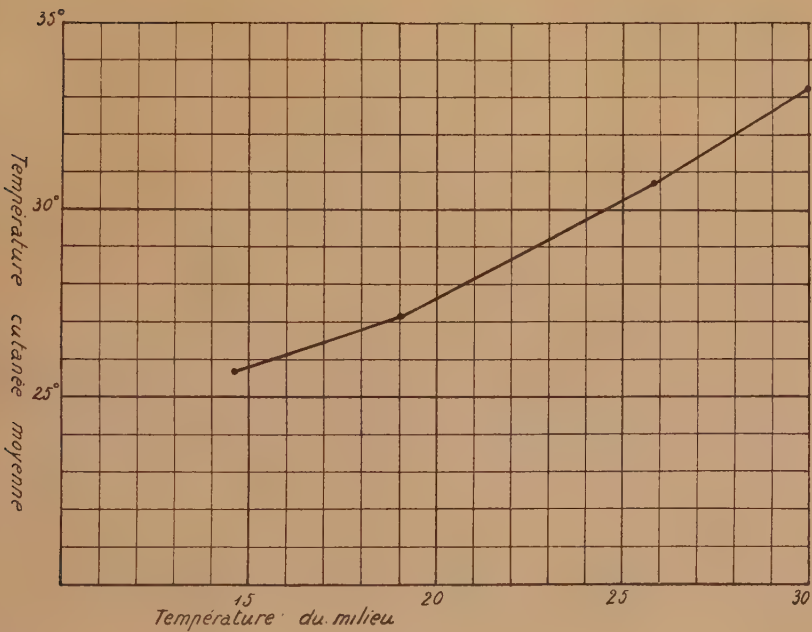


Fig. 7
Températures cutanées moyennes en fonction de la température du milieu extérieur.

uniforme sur tout le segment horizontal dont 2 points seulement sont connus, l'un en avant et l'autre en arrière.

De plus si on divise la surface cutanée en une série de segments circulaires horizontaux, ces segments seront de surface plus grande au niveau du thorax qu'au niveau des extrémités. Bénédicte a

d'ailleurs visiblement fait une correction en accélérant le mouvement à partir de la cuisse et surtout du genou. Tandis que la longueur du genou à l'extrémité du pied représente plus du $\frac{1}{3}$ de la longueur totale explorée, sur le graphique elle est sensiblement réduite.

Il n'y a aucune raison de croire que les deux lignes explorées changent de température autrement que n'importe quelle autre ligne du corps, et leur température moyenne conserve une valeur d'indication sur laquelle on peut raisonner à condition de savoir qu'elle ne possède pas une valeur mathématique.

Le deuxième élément à mesurer, la température du milieu n'est pas parfaitement définie par la température de la pièce. Au bout de quelque temps le sujet immobile s'entoure d'un matelas d'air dont la température s'élève. En fait, le sujet n'est jamais parfaitement immobile, l'air de la pièce est également plus ou moins agité, et l'erreur n'est pas considérable.

Nous pouvons donc connaître les différences entre la température cutanée moyenne T et celle du milieu ambiant t , nous pouvons ensuite les reporter en ordonnée sur un graphique où nous mettrons en abscisse la température du milieu ambiant. Nous obtenons ainsi, avec des différences de $3^{\circ}2$, $4^{\circ}8$, $8^{\circ}1$ et $11^{\circ}1$ pour les mêmes températures extérieures de 30° , $25^{\circ}8$, 19° et $14^{\circ}6$, une ligne légèrement concave en haut, et assez régulière pour justifier la manière dont elle a été établie. La température de la peau

varie donc avec la température du milieu ambiant, mais d'une manière qui ne lui est pas strictement proportionnelle. Le refroidissement de la peau retarde un peu sur celui du milieu, tandis que $T-t$ va en augmentant un peu plus vite que lui. La repré-

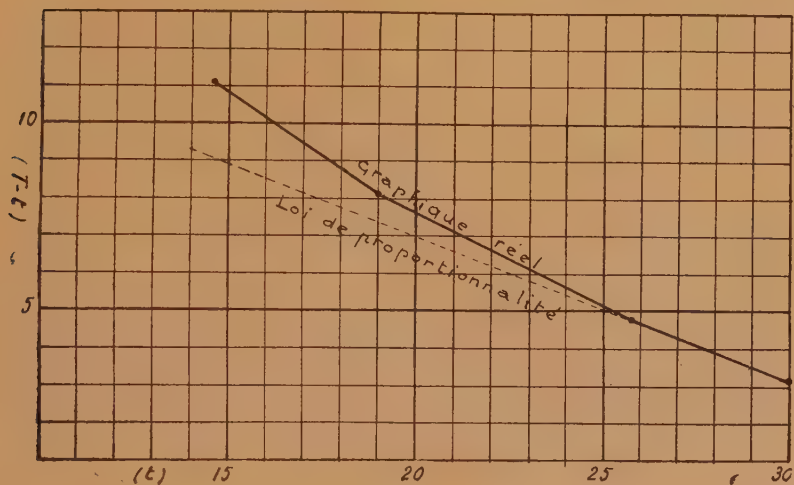


Figure 8

T = Température cutanée moyenne.

t = Température du milieu extérieur.

sentation de la chaleur rayonnée d'après la loi de Newton devra donc être non pas une droite, mais une courbe de même forme que celle de $T-t$.

Or expérimentalement Lefèvre a mesuré (1) au

1. Nous avons choisi les chiffres de Lefèvre parce qu'ils sont obtenus chez l'animal dans des conditions comparables à celles des enregistrements de Benedict, sur un sujet unique exposé successivement à des températures différentes.

Quant à l'existence d'un maximum de radiation vers 14° trouvé sur des moyennes d'expériences nombreuses faites avec des sujets différents, nous n'aurons pas à le discuter, cette température de 14 à 15° représentant précisément la température limite

calorimètre les quantités de chaleur rayonnées par l'animal exposé dans l'air à différentes températures, et constaté que cette chaleur rayonnée croît non pas proportionnellement au refroidissement extérieur, mais plus vite que lui. La courbe de Lefèvre reconstruite en donnant une échelle appropriée aux ordonnées est comparable à celle des différences $T-t$.

Si ensuite Lefèvre interprète cette courbe comme la preuve que la loi de Newton n'est pas applicable en physiologie c'est qu'il prend comme T la température centrale. Or il est évident que c'est la surface cutanée qui rayonne, et si nous adoptons la conception logique de Richet, si nous prenons pour T la température de la surface cutanée nous voyons que la loi de Newton rend compte des variations du rayonnement constatées expérimentalement.

Il faut encore préciser que la loi de Newton s'applique à un corps dont l'état physique n'est pas modifié. Or ici, il n'y a ni la vaso-dilatation intense, ni la sudation qui apparaîtront à l'effort. Rien ne nous permet de généraliser, et de conclure que la loi de Newton est applicable au sujet qui travaille avant d'avoir étudié les variations de température cutanée dans ces conditions spéciales.

L'abaissement de la température cutanée dimi

qu'un sujet nu et immobile peut supporter pendant plusieurs heures. Et même les sujets de Benedict devaient être particulièrement entraînés, car les nôtres ne supportaient pas volontiers des températures de 18° ou 17° .

nuant le rayonnement protège l'organisme contre le froid. Comment se produit-il ?

Remarquons d'abord que ce refroidissement de surface ne suppose pas *à priori* un processus de vaso-constriction.

Supposons, en effet, une masse inerte dont le centre serait maintenu à une température constante et dont la surface rayonnerait dans le milieu extérieur. Cette surface se refroidira jusqu'à une température d'équilibre où la quantité de chaleur reçue du centre sera égale à la quantité rayonnée vers le milieu extérieur.

Si le milieu extérieur se refroidit, le rayonnement de surface augmente, et la surface elle-même tend à se refroidir jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'établisse.

Si nous appelons C la température centrale, T la température de surface et t la température du milieu extérieur, un calcul très simple (1) montre que C-T varie proportionnellement à T-t. Le graphique représentant les variations simultanées de ces deux termes sera donc une droite.

Nous avons repris les variations de la tempéra-

1. La surface reçoit une quantité de chaleur proportionnelle à C-T, soit K (C-T).

Elle rayonne une quantité proportionnelle à T-t, suivant un autre coefficient K', soit K' (T-t).

Ecrivons l'égalité de ces deux chaleurs, sans laquelle l'équilibre thermique serait rompu : K (C-T) = K' (T-t), d'où

$$\frac{T-t}{C-T} = \frac{K'}{K} = \text{Constante}$$

ture cutanée, et nous les avons comparées à la fois avec celles de milieu extérieur et avec la température centrale C fixée par hypothèse à 37° . Les écarts C-T dans les 4 milieux à 30° , $25^{\circ}8$, 19° , $14^{\circ}6$ sont de $3^{\circ}8$, $6^{\circ}4$, $9^{\circ}9$ et $11^{\circ}3$. Nous avons construit un graphique où C-T est placé en ordonnée et T-t en abscisse.

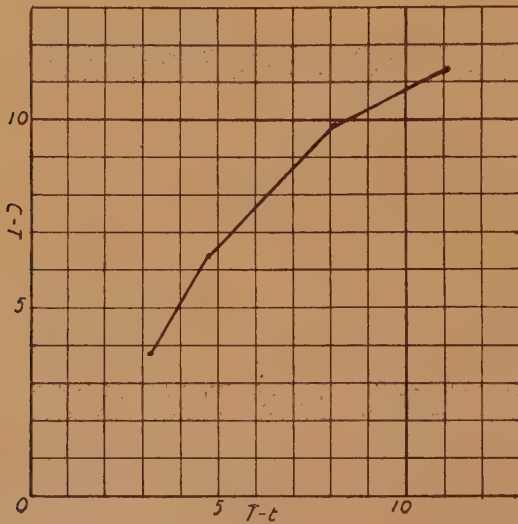


Figure 9

C = Température centrale.
T = Température cutanée moyenne.
t = Température du milieu extérieur.

Un simple coup d'œil sur le graphique montre qu'on a une courbe concave en bas. C-T augmente moins vite que T-t. A mesure que le milieu se refroidit l'apport de chaleur de la profondeur à la surface augmente plus vite que dans un corps inerte. Il y a donc bien eu des phénomènes vasomoteurs, mais pas du tout dans le sens que l'on

pouvait attendre. Il y a eu apport de chaleur augmenté par vaso-dilatation à mesure que le milieu extérieur se refroidit.

En effet si le refroidissement provoque une vaso-constriction, ce phénomène classique et indiscutable est un phénomène transitoire. Dans les expériences de François Franck par exemple, le réflexe vaso-constricteur par refroidissement de la main opposée ne dure que quelques secondes. C'est à cette vaso-constriction primitive qu'est dû le refroidissement excessivement rapide des premières minutes d'exposition au froid, que nous décrivons au chapitre suivant. Mais un phénomène de réaction secondaire ne tarde pas à se produire, et à la vaso-constriction du début succède une vaso-dilatation dont il est facile de citer des exemples : la rougeur qui succède à l'immersion dans l'eau froide, dont la topographie rappelle exactement celle de la partie immergée (Lefèvre) et dans des conditions moins artificielles la rougeur du visage et des parties découvertes facile à observer en hiver.

L'enveloppe cutanée est donc défendue au même titre que toute autre portion du corps, et son refroidissement résulte non pas d'une vaso-constriction, mais bien de l'influence directe du milieu extérieur.

V

PROTECTIONS VESTIMENTAIRES

Sous les couvertures, la température cutanée d'un sujet se rapproche beaucoup de la courbe que nous avons vue après exposition dans un milieu chaud. Sous une bonne protection et dans un milieu à 20°, les températures sont remarquablement uniformes, aux alentours de 34°, avec de très petites différences entre les températures extrêmes d'un même sujet, 1°6 en moyenne.

Malgré les vêtements, la température extérieure joue un rôle important. Nous donnons la représentation graphique des chiffres obtenus par Benedict chez un sujet venu du dehors, où la température était de 4°5, et entrant dans un laboratoire à 20°. Les températures ont été mesurées immédiatement après l'entrée au laboratoire, et une heure après.

Comme on le voit, le tronc a repris une température de 34 à 35°, les extrémités sont restées plus froides.

Pour connaître la valeur de protection des vêtements ou des couvertures, il faut mesurer la température sous le vêtement protecteur, puis enlever ce vêtement et suivre l'évolution de la température

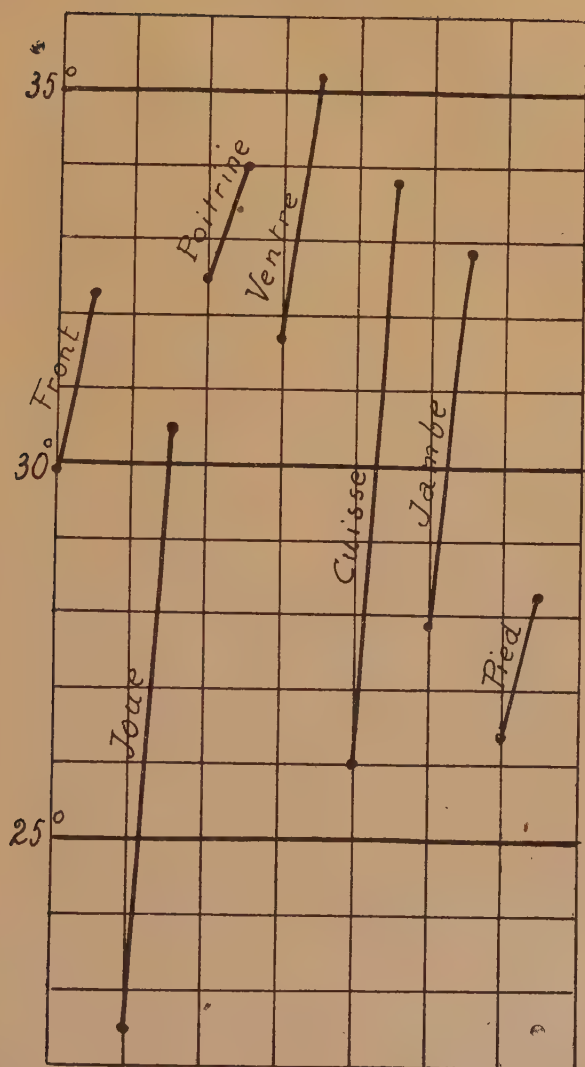


Figure 10
Températures mesurées immédiatement après l'entrée
au laboratoire et 1 heure après.
Milieu extérieur à 4°. Laboratoire 20°.
D'après Benedict.

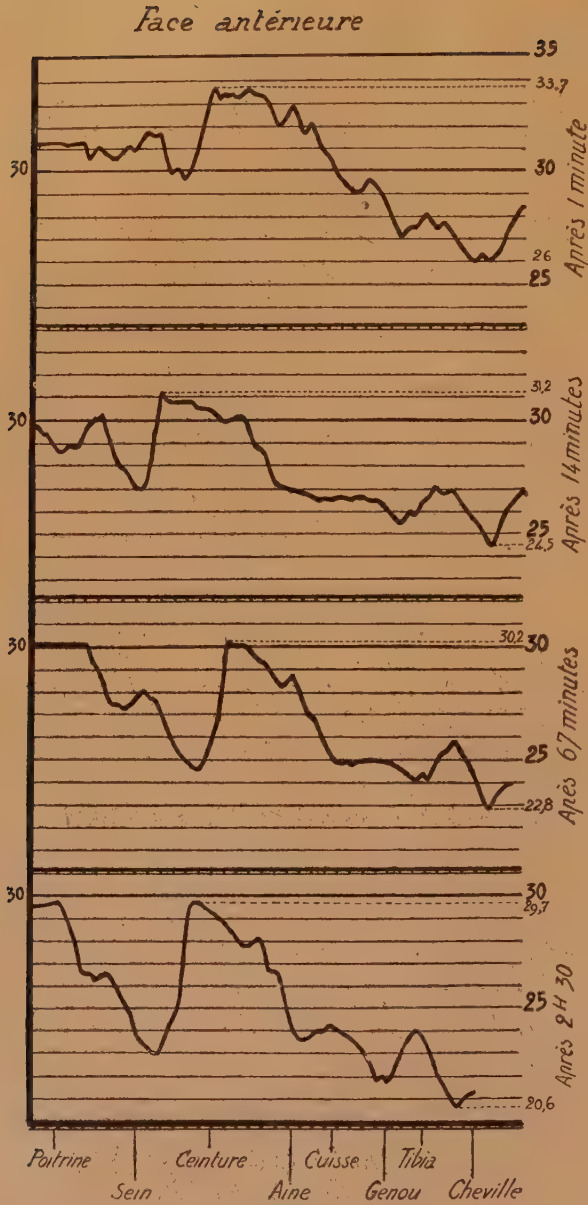


Figure II

Suppression des couvertures dans une pièce à 14°6
(d'après Benedict in Bull. soc. Hygiène Alimentaire).

• *Face postérieure*

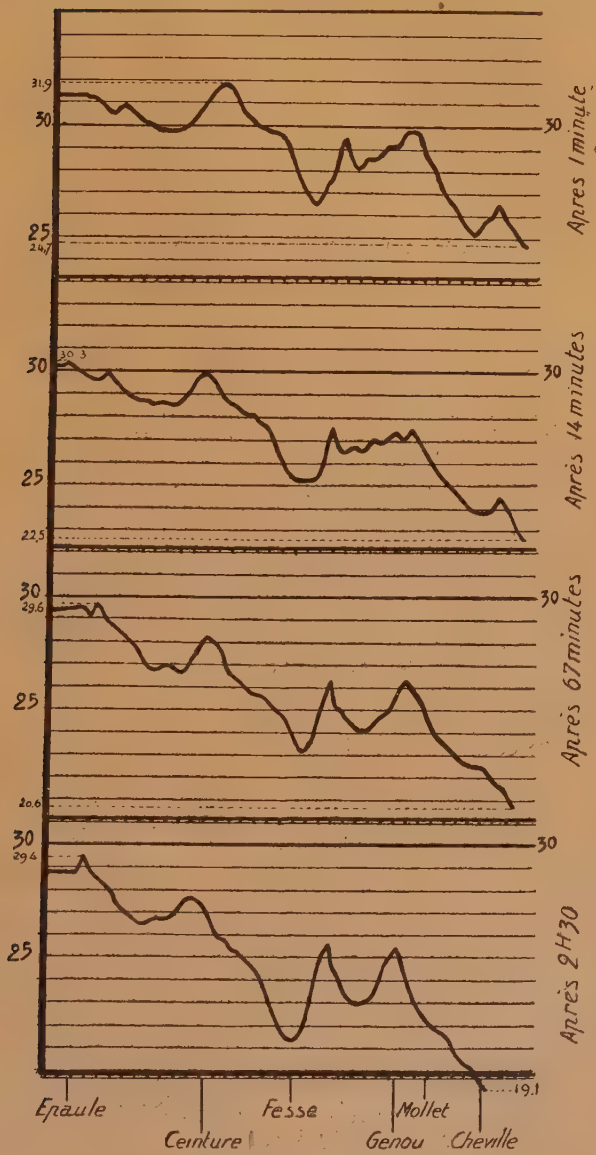


Figure 11 bis

Suppression des couvertures dans une pièce à 14°6
(d'après Benedict in Bull. soc. Hygiène Alimentaire).

cutanée. Il ne reste alors qu'à comparer ces données avec celles de la calorimétrie directe.

C'est encore à Bénédict que nous empruntons les 2 courbes que nous reproduisons. Un sujet étant couché dans une pièce à $14^{\circ}6$, on a enlevé les couvertures, et on a suivi la marche du refroidissement par 4 enregistrements analogues à ceux du chapitre précédent, pris après 1 minute, 14 minutes, 1 h. 7 et 2 h. $1/2$.

Voici les températures moyennes correspondantes : 31, $28^{\circ}8$, $27^{\circ}1$, $25^{\circ}7$.

Nous les avons reportées sur un graphique, en fonction du temps d'exposition.

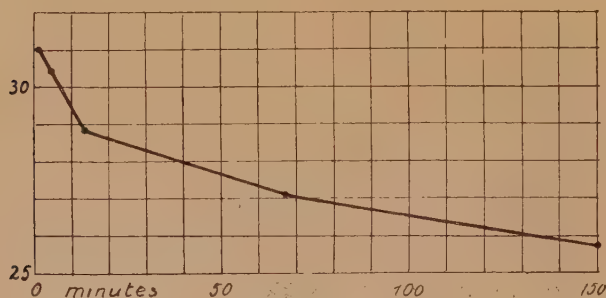


Figure 12

Températures cutanées moyennes en fonction du temps d'exposition dans un milieu à $14^{\circ}6$.

On voit que la peau se refroidit d'une manière importante et pendant un temps prolongé.

Toutefois l'enregistrement de ces températures présente 2 ordres de difficultés. Il exige un travail important, tel que Bénédict n'a pu le répéter que 4 fois en 2 h. $1/2$. Ensuite chaque enregistrement exige un temps appréciable, un peu plus d'une minute

pour chaque face, de sorte que, au début, pendant la période de refroidissement rapide, la température a varié de façon notable entre le moment où l'électrode est placée en avant sur l'épaule, et le moment où elle arrive à la cheville, à la fin de l'enregistrement de la face postérieure.

Aussi faut-il compléter cette étude par des mesures de température répétées fréquemment, et ne portant que sur un seul point.

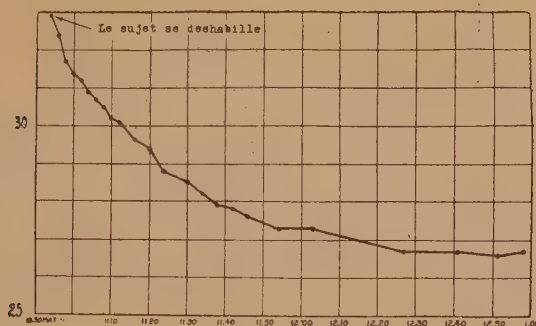


Figure 13
Températures de la peau à 7 cm, au dessus de l'ombilic.
Milieu extérieur à 17°.

Nous empruntons également à Bénédic un graphique de ce genre où le refroidissement a été suivi sur un point de la ligne médiane situé à 7 centimètres au-dessus de l'ombilic. Le sujet s'est déshabillé dans une pièce à 17°, et la température a été mesurée 24 fois en 2 heures.

Enfin nous donnons un graphique des premières minutes du refroidissement dans une pièce à 20°

d'un point situé à une dizaine de centimètres en dehors du manubrium sternal. La température initiale a été mesurée sous les vêtements, à l'instant où ceux-ci allaient être retirés.

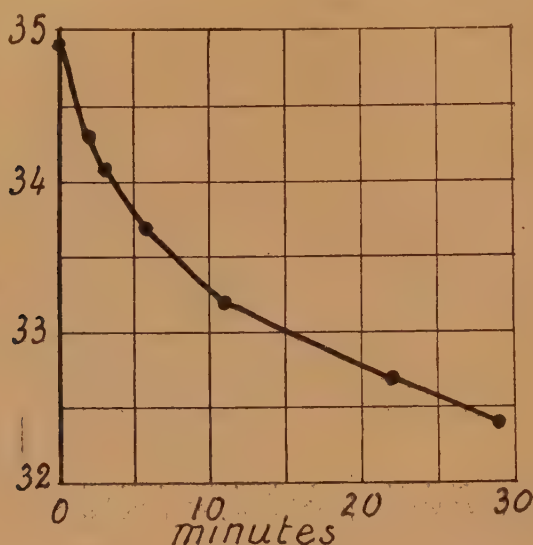


Figure 14
Refroidissement d'un point situé à 10 cm. du manubrium sternal.
Milieu extérieur à 20°.

En résumé lorsque le sujet se découvre, la température de sa peau tombe avec une très grande rapidité dans les instants qui suivent : c'est la première période, qui correspond à la vaso-constriction classique. Si ensuite la chute est plus lente, elle se poursuit pendant longtemps, et il faut attendre 2 à 3 heures avant d'avoir un nouveau régime stable des échanges thermiques.

Quant à la température centrale, comme nous l'avons constaté à la suite de Benedict, elle s'élève

pendant la première heure d'une manière peu intense, mais régulière, de 3 à 5 dixièmes de degré.

La calorimétrie directe a permis de mesurer les variations de rayonnement correspondantes.

A la fin du siècle dernier d'Arsonval a constaté que la déperdition par rayonnement d'un homme de 76 kilogrammes passait de 79 calories par heure sous les vêtements à 124,4 calories par heure chez le sujet nu, et a attribué au vêtement considéré un coefficient de protection égal au rapport de ces deux chiffres, soit ici 1,57.

D'autre part, en 1904, Bergonié avait mesuré le retard apporté par la présence des vêtements au refroidissement d'un buste d'épreuve en cuivre creux, rempli d'eau à 37°. Il avait trouvé des chiffres très supérieurs à ceux de d'Arsonval, le veston à lui seul ayant un coefficient de protection de 1,90.

Pourquoi cette discordance ? C'est que, lorsque le vêtement est enlevé, l'abaissement de température cutanée qui en résulte produit une protection accessoire qui supplée en partie à celle qui vient d'être supprimée. Les chiffres de Bergonié donnent la valeur de protection du vêtement sur un corps inerte, ceux de d'Arsonval la différence entre ce chiffre et celui de la protection accessoire que se crée le sujet.

Mais dans les premiers instants, alors que la peau est encore chaude, on peut prévoir que le rayonnement sera considérablement augmenté, dans une proportion qui correspondra aux chiffres de Bergonié.

C'est en effet ce qu'a constaté Benedict, en se servant d'un calorimètre à compensation dont la masse était extrêmement réduite, de sorte que les variations de chaleur étaient enregistrées instantanément. Selon l'expression de cet auteur, la suppression subite des couvertures agit comme si on enlevait un écran alors qu'on est placé devant le feu. L'émission de chaleur est triplée brusquement, mais ne se maintient pas à ce taux ; elle baisse d'abord très vite, ensuite plus lentement, jusqu'à un nouveau régime d'équilibre sensiblement plus élevé que le premier.

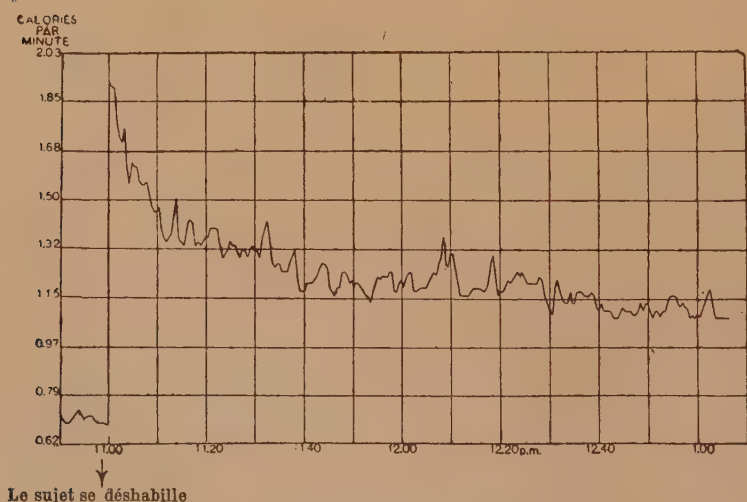


Figure 15

« Rayonnement avant et après suppression de la protection vestimentaire. »
(D'après Benedict).

En résumé, lorsque la déperdition de chaleur devient telle que le sujet ne pourrait pas en produire

une quantité égale, il se défend énergiquement par une vaso-constriction qui précipite le refroidissement cutané. Ensuite, alors que la perte de chaleur est redevenue supportable, le refroidissement cutané se ralentit, et nous avons vu qu'il semble même limité par une vaso-dilatation secondaire qui succède à la vaso constriction primitive.

A ce moment la production de chaleur augmentée s'il le faut par le frisson, suffit amplement à couvrir la déperdition, comme en témoigne la tendance à l'élévation de la température centrale.

Courants d'air.

Lorsque la surface cutanée cesse d'être protégée par un matelas d'air immobile, pour être balayée par un courant d'air, la déperdition de chaleur augmente. Le courant d'air entraîne une certaine quantité de chaleur par convection, et l'évaporation sudorale s'accroît. Lorsqu'on étudie le phénomène en pratiquant la calorimétrie par convection, en plaçant le sujet dans un long tunnel où l'on crée un courant d'air, et en mesurant l'échauffement de l'air à la sortie du tunnel, on néglige le facteur évaporation. Le refroidissement de la peau renseigne plus fidèlement sur les modifications de déperdition de chaleur.

Voici un graphique établi d'après les chiffres de Benedict. Un sujet nu depuis presque 2 heures dans une pièce à 25° a pris une température moyenne

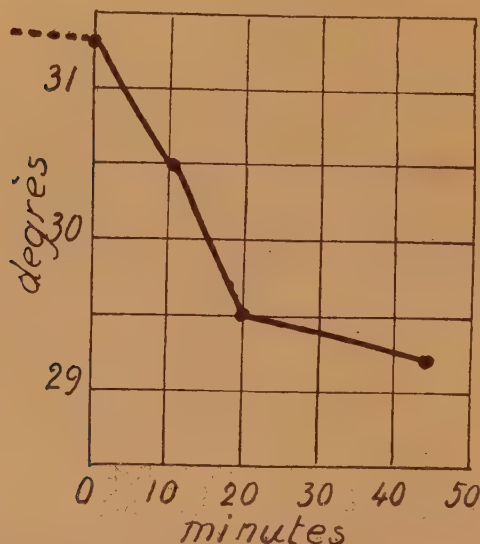


Figure 16

Refroidissement par courant d'air (mise en marche d'un ventilateur)

(D'après Benedict).

assez stable. On met en marche un ventilateur qui projette un courant d'air froid sur le corps. Un abaissement rapide se produit alors.

Le déplacement du sujet lui-même dans l'air immobile d'une pièce produit des effets analogues. Nous avons fait marcher pendant trente secondes un sujet qui avait pris son équilibre de température

dans une pièce à 20° , et constaté immédiatement après un abaissement de 2 à 3 dixièmes de degré des

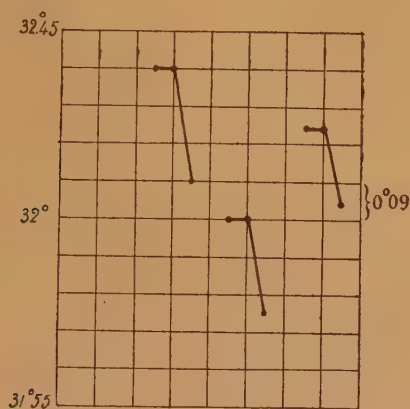


Figure 17

Refroidissement de 3 points du thorax après 30 secondes de marche.

3 points de la surface de la poitrine que nous avons choisi.

DETAILS DE TOPOGRAPHIE THERMIQUE

Nous compléterons ces notions générales par quelques détails de topographie thermique.

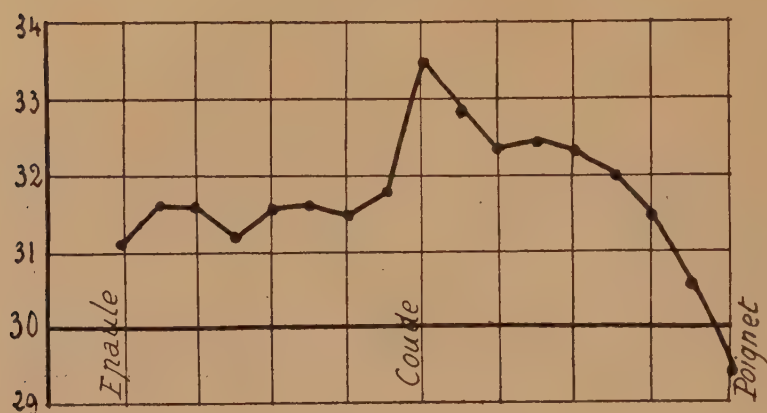


Figure 18

Températures du bras (face antérieure). Milieu extérieur à 20°.

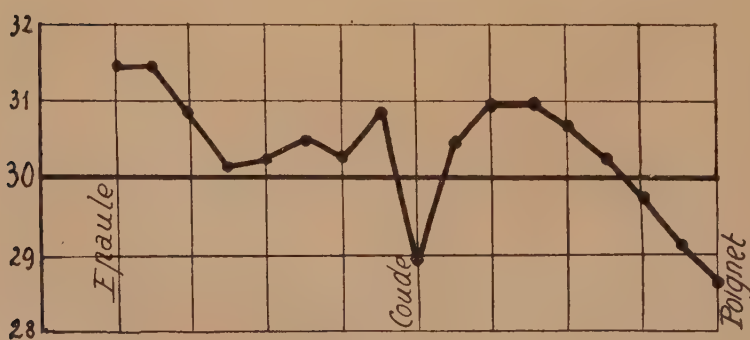


Figure 18 bis

Températures du bras (face postérieure) Milieu extérieur à 20°

Le bras d'un sujet exposé nu à une température de 20° présente un ressaut de chaleur au pli du coude, puis se refroidit jusqu'à l'extrémité. Sur sa

face postérieure, un point froid au niveau de l'olécrane et après un retour au niveau précédent, la baisse de température progressive jusqu'au poignet.

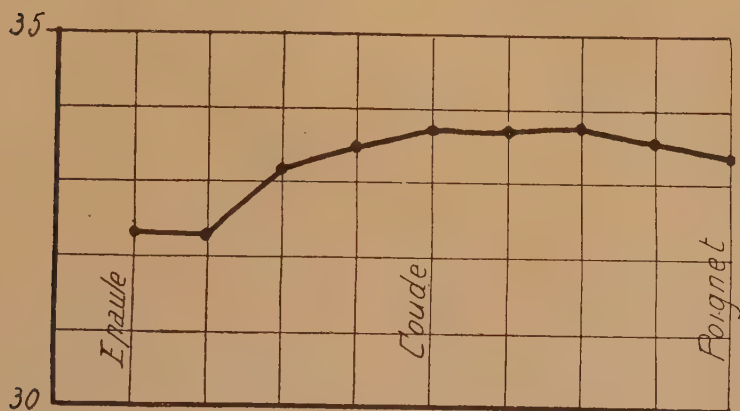


Figure 19
Températures du bras (face antérieure).

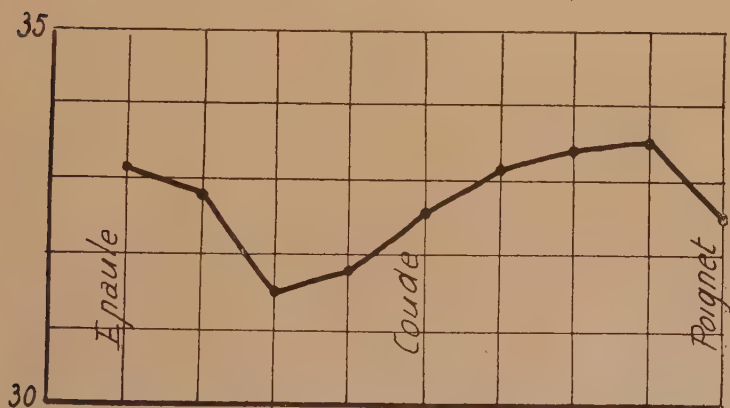


Figure 19 bis
Températures du bras (face postérieure).
Milieu extérieur à 24°.

Chez un autre sujet dans une pièce plus chaude, l'aspect du graphique est tout à fait différent, par échauffement de l'avant-bras et de la main.

La face et surtout le front sont parmi les zones les plus chaudes de la surface cutanée.

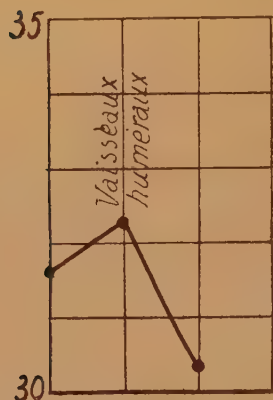


Figure 20

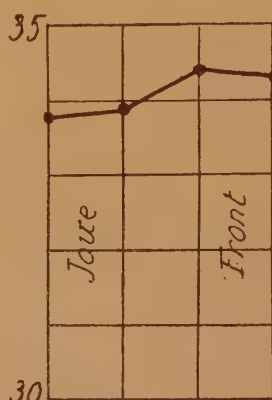


Figure 21

Températures de la face interne
du bras. (Milieu extérieur à 23°)

Températures de la face.
(Milieu extérieur à 22°).

Ayant ainsi complété une vue d'ensemble de la topographie thermique, pouvons-nous retrouver sur la surface cutanée la projection des 3 grands centres de thermogénèse : la masse musculaire, le foie, le cœur ? Le plus grand producteur de chaleur est la masse musculaire à qui revient, suivant les différentes estimations de 40 à 75 % de la thermogénèse totale. Il s'agit là de la chaleur de tonus du muscle au repos, sans parler de la production beaucoup plus considérable du muscle qui travaille.

Becquerel et Breschet ont montré en 1835 que la température du biceps mesurée à l'aide d'une aiguille thermo-électrique introduite dans le muscle

était supérieure de environ 1°5 à celle du tissu cellulaire adjacent.

Paul Bert en 1870 étudia la respiration des différents tissus dont les fragments isolés étaient placés en atmosphère confinée. La respiration du muscle était de loin la plus active.

Plus tard, Chauveau a mesuré la consommation d'oxygène du muscle au repos mais restant dans les conditions physiologiques, en dosant l'oxygène et le CO² du sang artériel et veineux. Le masseter du cheval au repos consomme une quantité d'oxygène qui est de 0 l. 307 par kilogramme-heure. En supposant la chaleur de tonus égale pour tous les muscles, en attribuant à l'oxygène un coefficient calorique de 4,6 et à la masse musculaire un poids égal à 43 % du poids total, la thermogénèse musculaire globale d'un homme de 65 kgs atteint 967 calories par jour, soit environ 40 % des 2.300 calories d'Atwater.

Quel point choisir pour mettre en évidence cette chaleur musculaire ?

Au niveau des membres, où les muscles sont répartis d'une manière assez uniforme, on peut seulement constater le refroidissement de la peau du coude et de la région prérotulienne, là où l'articulation est superficielle.

Quant à la masse musculaire de la fesse, sa présence est complètement masquée par l'interposition d'une épaisse couche graisseuse.

Au niveau des muscles juxtavertébraux et du

carré des lombes, l'élévation de température de la peau qui les recouvre est nette. Les températures cutanées ont été enregistrées sur 3 lignes horizontales au niveau des III, VI et XII dorsales. La zone médiane est toujours sensiblement plus chaude que les zones latérales.

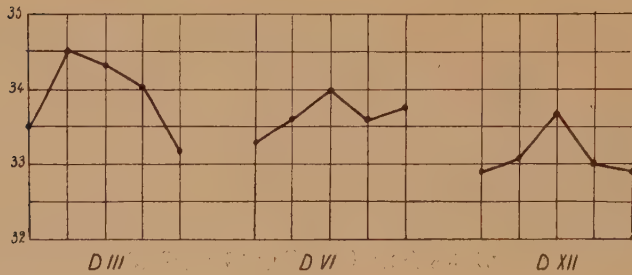


Figure 22
Milieu extérieur à 23°.

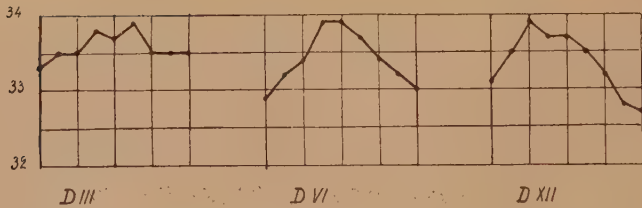


Figure 22 bis
Températures du dos sur 3 lignes horizontales passant par DIII
DVI et DXI. Milieu extérieur à 22°.

Quant aux 2 autres centres de thermogénèse, le foie et le cœur, leur projection sur la surface cutanée est plus difficile à mettre en évidence. Si nous possédons un certain nombre d'enregistrements où l'hypochondre droit est sensiblement

plus chaud que le gauche, si nous avons constaté fréquemment un ressaut de température à la partie inférieure du sternum qui correspond à la zone de matité absolue du cœur, ces élévations thermiques ne sont pas assez constantes pour permettre d'explorer la fonction thermogénétique de ces organes profonds, qui cèdent probablement toute leur chaleur à l'importante masse sanguine qui les traverse.

VII

LE TRAVAIL

Lorsqu'un sujet travaille, la chaleur qu'il produit est éliminée sous 3 formes : augmentation du rayonnement que l'on peut espérer mettre en évidence par les variations de température cutanée, évaporation sudorale qui refroidit la peau, enfin évaporation pulmonaire. Si l'élimination de chaleur est inférieure à sa production, la température centrale s'élève, comme on s'en assure à l'aide d'un thermomètre à mercure ordinaire.

Pour avoir à l'état de pureté les variations de température cutanée dues au travail, il faut supprimer les causes parasites de variations. La thermométrie cutanée sous les vêtements est d'une pratique difficile, aussi faudra-t-il faire ces mesures sur la peau nue.

Lorsque le vêtement est enlevé, la peau se refroidit pendant un temps prolongé, 1 à 2 heures et plus suivant la température du laboratoire. Des mesures préalables doivent être pratiquées, l'épreuve ne

pourra commencer qu'après vérification de stabilité thermique dans les minutes qui précèdent. Les épreuves de travail un peu prolongé, de 1/2 heure, doivent être précédées d'une attente de 2 heures dans une pièce à 20°.

Le travail doit être fait sur place. Tout déplacement expose au passage dans une atmosphère à température différente. Nous avons eu l'occasion de constater que le seul fait d'aller s'étendre à l'écart, au voisinage d'un radiateur, pendant les cinq minutes de la prise de température rectale produisait une élévation de température cutanée de 1/2 degré. D'autre part le déplacement crée un courant d'air sur la peau, nous avons vu l'intensité du refroidissement qui en résultait.

Enfin pour comparer l'effet des mêmes épreuves chez différents sujets, l'identité du travail doit être assurée d'une manière rigoureuse.

La force déployée, l'étendue du mouvement, son rythme doivent être conservés sans changement au cours de toutes les épreuves.

En effet le rendement thermique est extrêmement inégal suivant les conditions du travail.

Nul dans l'effort statique, il varie dans l'effort dynamique suivant une loi complexe. Dans sa formule Chauveau fait intervenir à côté du travail fourni, l'énergie de soutien, c'est-à-dire l'équivalent statique de la force déployée, et l'énergie de vitesse, qui est déterminée par le rythme et l'amplitude du mouvement.

Seule l'identité de ces facteurs permet d'attribuer à une disposition propre au sujet les variations de rendement qui seraient constatées.

Lorsqu'un sujet normal fournit un travail de 425 kilogrammètres, avec un rendement de $\frac{1}{5}$, il met en jeu 5 calories dont une est utilisée sous forme de travail, et dont 4 sont libérées, c'est-à-dire que chaque calorie émise correspond à un travail d'un peu plus de 106 kilogrammètres. Comme en réalité le rendement serait plus souvent légèrement inférieur à $\frac{1}{5}$, voisin de 18 % par exemple, nous pouvons admettre l'approximation de 1 calorie par 100 kilogrammètres.

Le calcul est un peu compliqué par la notion du travail résistant ou travail négatif. Lorsque après avoir soulevé un poids, le sujet le retient pendant la descente, il y a encore dégagement de chaleur, bien que dans des conditions très différentes. D'après Chauveau le rendement serait deux fois meilleur, atteignant 40 %. Ainsi un travail négatif de 425 kilogrammètres est obtenu avec seulement 2,5 calories. Mais pour calculer le dégagement de chaleur, il faut cette fois ajouter l'équivalent en calories du travail négatif, soit ici 1 calorie. En fin de compte le dégagement est de 3,5 calories, inférieur de $\frac{1}{8}$ seulement à celui du travail positif.

Le dégagement de chaleur d'un travail mixte, montée et descente d'un poids, est donc égal aux $\frac{15}{8}$ du dégagement correspondant à la montée seule, suivant la formule de Chauveau.

Le travail dynamique produit un effet local, l'échauffement de la peau qui recouvre le muscle en contraction, et un effet général, à distance, qui est le plus souvent un refroidissement paradoxal par sudation.

VIII

L'EFFET LOCAL DU TRAVAIL DYNAMIQUE

Nous avons examiné l'effet local d'un travail bref sur la peau qui recouvre le biceps brachial.

Le sujet assis le torse nu depuis un temps suffisant, 1 heure par exemple, dans une pièce aux alentours de 20°, nous nous assurons par 2 mesures successives que la température cutanée n'a pas ou peu varié en 5 minutes. Nous prenons comme température initiale le chiffre ou la moyenne des 2 chiffres obtenus. Si le refroidissement a dépassé 2/10 de degré en 5 minutes, nous attendons un quart d'heure et faisons un deuxième couple de mesures de contrôle.

Puis le sujet commence son travail. Nous avons employé le dispositif suivant : un poids attaché à une corde est supporté par une poulie. La course du poids est limitée en haut par le contact avec la poulie elle-même, et en bas par un moyen quelconque, nœud sur la corde, contact de la poignée avec le rebord de la table. Le sujet est placé le coude appuyé à une distance de la table choisie de façon à obte-

nir des angles de flexion toujours les mêmes. Nous l'avons habituellement placé de telle sorte que la flexion maxima de l'avant-bras sur le bras dépasse l'angle droit d'environ 10 degrés.

Il ne reste qu'à suivre le rythme d'un métronome pour que le travail soit aussi défini que possible. Nous avons fait soulever un poids de 3 kg. sur une hauteur de 20 cm. 32 fois par minute.

Le travail positif est donc d'environ 20 kilogrammètres par minute, le travail négatif de descente est de valeur égale, soit en tout 40 kilogrammètres par minute de travail mixte.

Après 2 minutes le travail est interrompu, et la température est mesurée au point choisi 30 secondes puis 1 m. 30 après l'interruption du travail. Le sujet recommence ensuite un travail analogue pendant 5 minutes, et la température est encore mesurée 2 fois après la fin de ce 2^e travail.

Grâce à ce fractionnement, l'épreuve qu'un sujet pathologique aura dû abandonner après la deuxième minute pourra cependant être comparée à celle d'un sujet normal.

Au total le sujet a travaillé 7 minutes sur un temps total d'environ 9 minutes, et fourni en tout 280 kilogrammètres de travail mixte, correspondant au dégagement de 2,6 calories.

La température est mesurée au niveau du biceps, sensiblement au milieu de la face antérieure du bras et également sur un point témoin, par exemple au niveau du deltoïde.

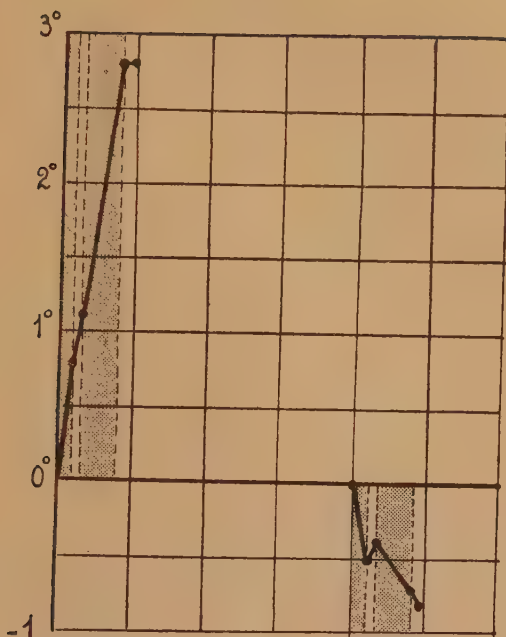
Chez les sujets normaux, nous avons toujours constaté une élévation de température de 2 à 3 degrés de la peau qui recouvre le biceps. Il n'est pas exceptionnel de constater un refroidissement des points voisins, peut-être dû quelquefois à ce que le sujet n'était pas parfaitement en équilibre thermique. Mais parfois aussi la chute de température de ces points voisins est trop brusque et trop intense pour ne pas admettre un autre processus, par exemple une vaso-constriction de voisinage qui compense la vaso-dilatation du muscle en travail. Nous n'avons jamais constaté objectivement une sudation locale capable d'expliquer ce refroidissement.

Après 2 minutes, l'élévation de température de la peau prébicpitale est encore peu intense, elle augmente sensiblement au cours de la minute de repos, traduisant la conduction progressive depuis le muscle déjà chaud vers la peau. A ce moment, l'élévation de température est de $1/2$ à 1 degré.

Après le deuxième travail, la température cutanée atteint son maximum presque immédiatement. L'élévation de température après cessation de ce deuxième travail ne représente qu'une très faible portion de l'élévation total, elle peut manquer complètement.

Les graphiques que nous donnons ci-contre ont été établis de la manière suivante :

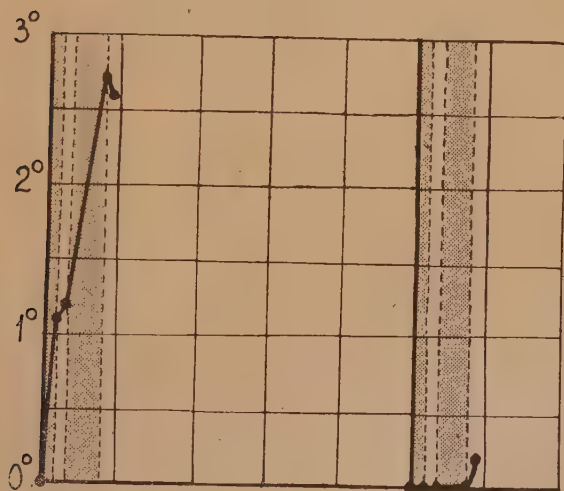
La température initiale de chaque point est donnée par la moyenne de 2 mesures successives, qui ne doivent pas différer de plus de $2/10$ de degré.



Biceps
T.in. 31°9

Figure 23

Deltoïde
T.in. 32°3



Biceps
T.in. 33°1

Figure 23 bis

Deltoïde
T.in. 32°5

Echauffement de la peau qui recouvre le biceps par travail
dynamique de ce muscle.
Les périodes de travail en grisé.

Cette température initiale est reportée au 0 du graphique, son chiffre réel étant simplement indiqué en regard.

Puis la température est mesurée 4 autres fois. Après le premier travail et une minute plus tard, ensuite après le deuxième travail et une minute plus tard. L'élévation de température par rapport à sa valeur initiale est obtenue par lecture directe de sa distance à la ligne O.

L'interprétation de cette élévation thermique est très simple : l'échauffement cutané traduit l'échauffement du muscle qui travaille, que Becquerel et Breschet, puis Chauveau avaient déjà constaté.

La fixité relative du chiffre d'échauffement cutané obtenu dans ces conditions chez les sujets normaux lui donne une certaine valeur. Ses variations dans quelques cas pathologiques méritent l'attention.

Quant au rôle d'une telle élévation de température cutanée locale dans le maintien de l'équilibre énergétique, il est pratiquement nul. En effet, à 6 centimètres plus en arrière, c'est-à-dire à peine au delà des limites du biceps, l'élévation thermique est réduite au tiers. Si nous attribuons à une zone de 20 centimètres sur 10, soit 200 centimètres carrés un échauffement moyen de 3 degrés, nous sommes certainement au-dessus de la vérité. Or ces 200 cm² représentent 1/75 de la surface du corps estimée à 1 m. 50. Pour une température extérieure de 22, et une température cutanée s'élevant de 32° à

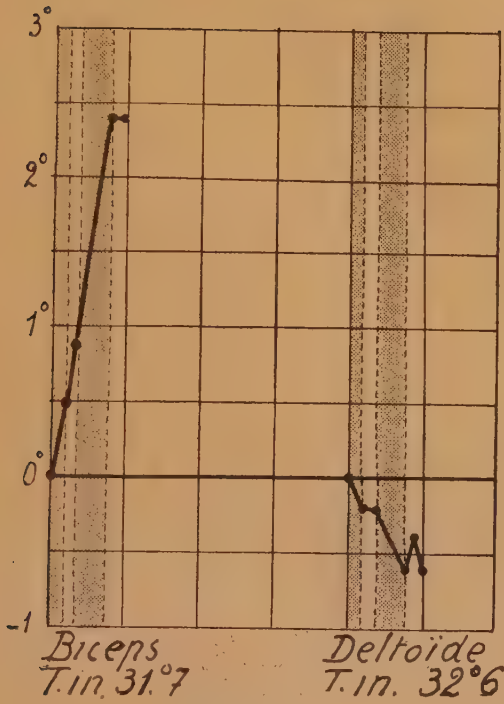
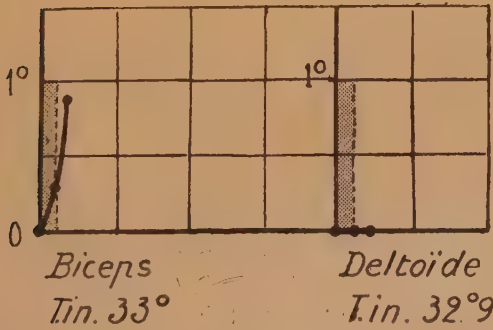


Figure 23 ter



Le premier travail a seul été effectué

Figure 24
Echauffement de la peau qui recouvre le biceps par travail
dynamique de ce muscle.
Les périodes de travail en grisé.

35°, le rayonnement d'après la loi de Newton sera augmentée dans la proportion de 13 à 10. Si dans une journée l'ensemble du corps rayonne 1.800 calories, une augmentation de $\frac{3}{10}$ sur $\frac{1}{75}$ de sa surface correspond à 7 calories. Or le travail dont nous avons parlé, prolongé pendant 24 heures, aurait produit 540 calories.

C'est dire que la chaleur née au niveau du muscle qui se contracte est presque intégralement emportée vers l'ensemble de l'organisme, mais dans le cas particulier, les 2,6 calories de ce travail minime sont noyées dans la production de chaleur totale de l'organisme, sans qu'on puisse mettre en évidence une modification quelconque.

IX

L'EFFET A DISTANCE DU TRAVAIL DYNAMIQUE

Lorsque la chaleur née du travail musculaire, et emportée par la circulation est appréciable par rapport à la thermogénèse globale, quels sont ses effets ?

Elle doit d'abord faire monter la température centrale. Si nous admettons pour chaleur spécifique du corps le chiffre de 0,80, c'est-à-dire que 8/10 de calorie échauffent de 1° un kilogramme de tissus, on voit que une élévation de un degré chez un individu de 65 kilogrammes nécessite la mise en jeu de 52 calories.

Mais le mécanisme thermo-régulateur entre bientôt en action, et une élimination de chaleur supplémentaire vient s'ajouter au débit préexistant d'une centaine de calories par heure.

Il y a donc à considérer la quantité totale de chaleur émise, et son débit de production.

Il faudra mettre en jeu au minimum une trentaine de calories, capables si elles sont accumulées d'élever la température centrale de 6/10 de degré, et les mettre en jeu en 1/2 heure au plus, de sorte

que si elles sont au contraire éliminées, elles augmentent de plus de moitié le débit préexistant.

Le travail effectué en 1/2 heure sera donc d'au moins 3.000 kilogrammètres.

Nous avons utilisé une bicyclette ergométrique de Martin, mise à notre disposition par le Dr Chailley-Bert, chargé du cours d'Éducation physique à la Faculté, que nous tenons à remercier ici. Le travail fourni est uniquement du travail positif. Les pédales ayant un peu moins de 17 cm. de long, chaque tour de pédale correspond à 1 mètre. Nous avons marqué au métronome la cadence de 45 tours par minute, et l'effort exercé sur les pédales a été de 3, ou parfois 6 kilogrammes. Le travail fourni en une minute était donc de 135 ou 270 kilogrammètres.

L'épreuve était prolongée selon le cas pendant 1/4 ou 1/2 heure, de façon à fournir un travail total d'un peu plus de 4.000 kilogrammètres produisant plus de 40 calories. Si on se rappelle que d'après Haugthon, des rameurs entraînés fournissent pendant quelques minutes une puissance utile de 1.240 kilogrammètres par minute, on voit que notre épreuve pourra être effectuée par les sujets normaux, pour qui l'effort demandé est cependant appréciable, mais que beaucoup de sujets pathologiques seront incapables de les imiter.

Avant de commencer l'épreuve, le sujet reste torse nu pendant 2 heures dans une pièce à 20°. Deux séries de mesures dans les 15 dernières minutes vérifient que l'équilibre thermique est atteint,

La température rectale est également mesurée avec un thermomètre à mercure ordinaire.

Puis le sujet commence à pédaler. Nous avons cherché à suivre la marche de la température cutanée pendant ce temps, et si les mouvements inévitables du tronc ont donné une certaine irrégularité aux chiffres obtenus, nous avons cependant pu suivre le gros de ces variations.

Dès que le travail est terminé, une nouvelle série de mesures est pratiquée, cette fois dans des conditions correctes, et la température rectale est prise une deuxième fois.

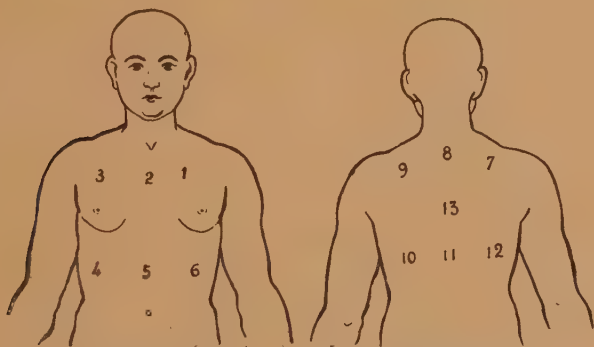


Figure 25

Fig. 25 bis

Désignation des points étudiés.

Nous avons toujours constaté une élévation de température centrale de 3 à 5 dixièmes, conforme aux données classiques.

Quant à la température cutanée, nous avons eu la surprise de constater que le plus souvent elle s'abaissait. Dans un cas seulement, la plupart des points considérés se sont échauffés. Il s'agissait

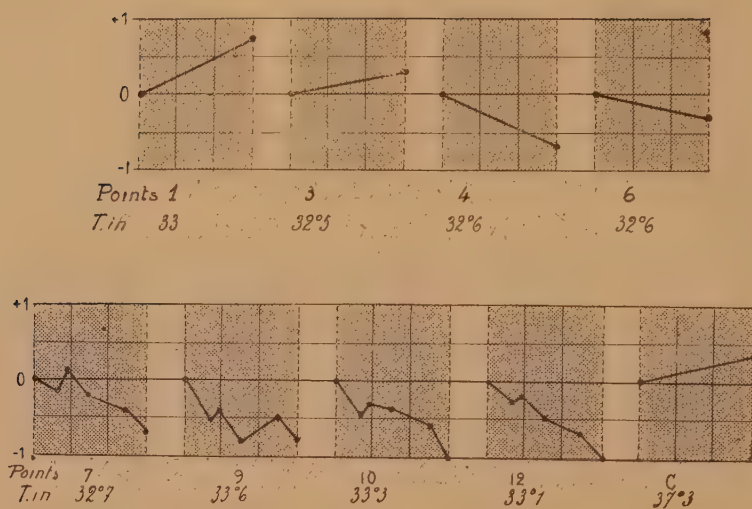


Figure 26

Variations de température par travail de 4.000 kgm. en 30 minutes.

C = Température centrale.

Les périodes de travail en grisé.

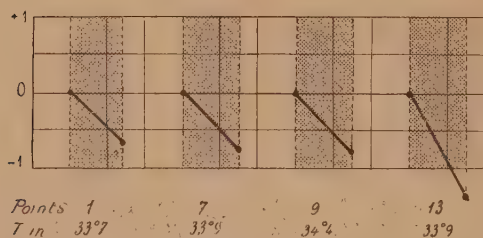


Figure 27

Travail de 4.300 kgm. en 15 minutes.

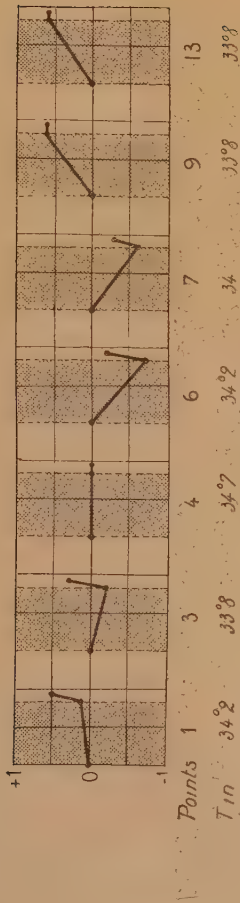


Figure 28

Travail de 3.400 kgm. en 17 minutes

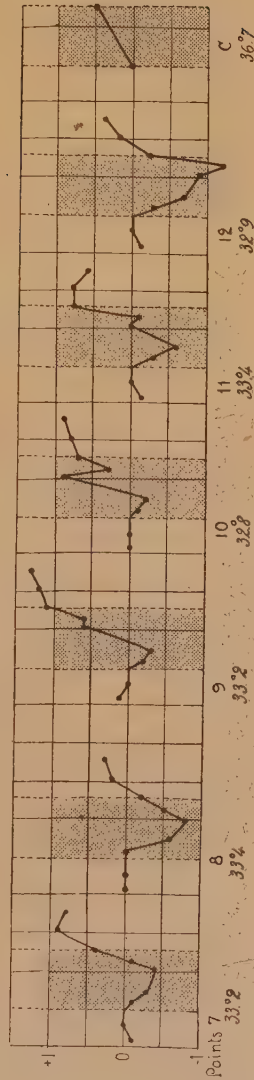


Figure 29

Travail de 4.300 kgm. en 16 minutes

d'un sujet particulièrement rebelle à la sudation, et qui en effet termina son travail la peau à peu près sèche.

Benedict avait déjà ébauché une étude de ce genre, mais en faisant courir les sujets. Il avait lui aussi constaté ce refroidissement surprenant de l'ensemble de la surface cutanée.

Nous avons cherché à varier les conditions de travail, nous avons employé des puissances beaucoup plus fortes qui ne pouvaient être soutenues que pendant peu de minutes par un sujet entraîné. Nous avons au contraire essayé des exercices faibles, avec l'espoir de ne pas déterminer de réaction sudorale. Sauf pour les basedowiens, à réactions vasomotrices intenses, nous n'avons pas pu trouver un travail qui élève régulièrement la température cutanée de l'ensemble du corps. Seule la face et les extrémités peuvent être échauffées assez facilement.

En présence de ces résultats paradoxaux, une objection doit être réfutée : la sueur chargée de sels est capable de conduire l'électricité. N'y a-t-il pas formation d'une voie de dérivation telle que le courant se perd sans traverser le galvanomètre ?

Or il est facile de se placer dans des conditions telles que le refroidissement augmente précisément le courant, et agit en sens inverse du court circuit supposé. Il suffit de placer la soudure de comparaison dans un bain à température cutanée. Le galvanomètre dévie déjà vers la gauche avant le travail,

et cette déviation ira en augmentant avec le refroidissement cutané.

Nous reproduisons un graphique des déviations obtenues de la sorte, déviations qui ont servi à éta-

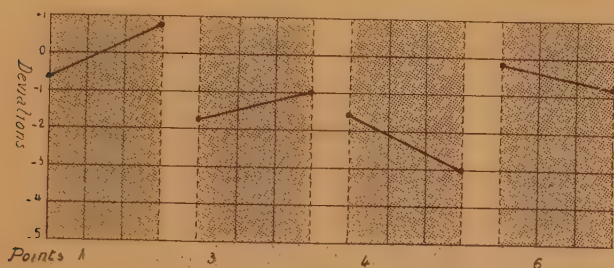


Figure 30

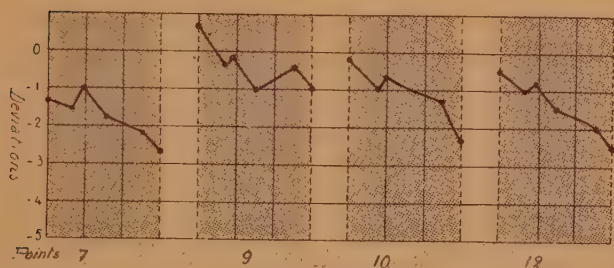


Figure 30 bis

Déviations du galvanomètre qui ont servi à établir le graphique de la fig. 26.

blir une des courbes de la page précédente. Nous rappelons que les déviations vers la gauche sont considérées comme négatives, et que chaque millimètre vaut 0°045. On voit que la sudation a coïncidé avec une augmentation du courant que seul un refroidissement réel peut expliquer.

Pourquoi le couple fonctionne-t-il bien que l'une des soudures soit plongée dans un liquide conducteur ?

D'abord la sueur, relativement peu minéralisée présente une conductibilité infiniment plus faible que le métal.

Ensuite l'expérience montre que la soudure peut être plongée dans un liquide bien plus chargé de sels, à 10 % de Na Cl par exemple, sans que les déviations du galvanomètre soient différentes de celles qui sont obtenues dans l'eau distillée non conductrice. En effet les contacts du cuivre et du constantan avec le liquide donnent lieu à des forces électromotrices, et dans ces conditions l'effet du shunt ne peut se produire.

Enfin la courte durée d'application du support et la position du fil placé entre la peau et la face inférieure du support empêchent d'attribuer le refroidissement à l'évaporation de la sueur sur le thermomètre lui-même.

La régulation thermique se fait donc surtout par évaporation cutanée et pulmonaire. Dans les expériences de travail d'Atwater un travail intense de 230.000 kilogrammètres en 24 heures a amené une production supplémentaire de 2.312 calories, dont 1.379, c'est-à-dire plus de la moitié, ont été entraînées par évaporation.

Mais le rayonnement lui-même a subi une importante augmentation, de 935 calories, qui fait passer le chiffre total de 1.683 à 2.618. En fin de compte le rayonnement représente encore la moitié de l'élimination globale de chaleur. Benedict dans une expérience de travail extrêmement intense a même trouvé

dans les 24 heures le chiffre énorme de 3.656 calories rayonnées contre 3.481 évaporées.

L'augmentation du rayonnement reste donc une modalité importante de régulation thermique du sujet qui travaille. Et pourtant elle échappe complètement à la thermométrie cutanée. C'est que le coefficient k de la formule du rayonnement de Newton est différent pour la peau sèche et pour la peau humide, de sorte que la formule, si elle reste exacte du point de vue strictement dogmatique, devient pratiquement inapplicable.

Cette étude mériterait d'être reprise avec un procédé voisin de la thermométrie cutanée, mais qui mesurerait uniquement son rayonnement. Depuis le thermo-galvanomètre de d'Arsonval, on a beaucoup utilisé l'action du rayonnement sur un thermomètre placé à courte distance de la peau. Mais ces différents appareils, s'ils sont influencés par le rayonnement, ne sont pas influencés exclusivement par lui. La température du thermomètre électrique ou autre qui est placé de la sorte dépend de multiples facteurs : température du milieu ambiant, déplacement des couches de ce milieu, état hygrométrique de la peau et de l'atmosphère, avec la condensation sur le thermomètre qui en résulte, et enfin rayonnement. Il nous semble qu'il vaudrait mieux préparer un appareil sensible exclusivement au rayonnement, et se servir pour cela d'un procédé de filtration qui est la définition même de la chaleur rayonnée : sa propagation dans le vide.

Un thermomètre électrique ou autre est enfermé dans une ampoule argentée sur toute sa surface, sauf au niveau d'une portion qui sera orientée vers la peau, puis on fait le vide dans cette ampoule. Comme le thermomètre sera en relation avec des parties extérieures dont il tendra à prendre la température par conduction, cette température sera connue. Un bain de glace fondante entourant le fil jusqu'à son entrée dans l'ampoule conviendra parfaitement. Tant qu'aucun rayonnement n'interviendra, le thermomètre sera à la température du bain de glace, à 0° , et si sa température se modifie, c'est que le rayonnement et le rayonnement seul est intervenu.

A la rigueur un thermomètre à mercure pourrait suffire, mais il est probable que sa sensibilité sera trop faible. Un couple thermoélectrique, avec une soudure de comparaison dans la glace fondante, et une soudure de mesure faite de lamelles plates, et placée dans l'ampoule donnera probablement des indications satisfaisantes.

Un tel appareillage dont la réalisation ne serait pas extrêmement compliquée permettrait de vérifier expérimentalement les variations de rayonnement de la peau humectée de sueur, et d'expliquer cette dérogation apparente à la loi de Newton.

X

EFFORT STATIQUE

Si le soutien d'un poids, ou d'une manière plus générale l'application d'une force immobile ne correspond à aucune dépense d'énergie mécanique, il n'en est pas de même physiologiquement. La contraction statique fatigue le muscle au même titre que la contraction avec raccourcissement. Chauveau n'établit pas une différence fondamentale entre l'effort statique et le travail dynamique, dans lequel l'énergie de soutien représente l'équivalent statique de la force déployée.

Expérimentalement, il a constaté l'échauffement du muscle en contraction statique, variant de 3 à 6 dixièmes de degrés, et parfois plus. Cet échauffement reste cependant très inférieur à celui du travail dynamique.

Nous avons étudié la projection cutanée de cet effort musculaire statique. Autant il est facile de constater l'échauffement de la peau au-dessus du muscle qui travaille, échauffement beaucoup trop intense pour être masqué par une faute de technique, autant il est difficile de montrer un effet thermique de la contraction statique.

Nous nous sommes adressé à la peau qui re-

couvre le biceps. Nous avons mesuré la température d'un point unique, repéré au crayon gras, situé au milieu de la face antérieure du bras, et à égale distance de ses bords externe et interne. Nous avons cherché à mesurer sa température par application du fil nu, mais au moment où le biceps se contracte, le bras convexe et dur cesse de donner un contact satisfaisant avec le fil que l'absence du support rend difficile à appliquer exactement. Aussi avons-nous préféré l'application discontinue du fil sous son support, avec dans l'intervalle des mesures application sur un point toujours le même. De la sorte, les températures mesurées de minute en minute se stabilisent bientôt, et il est facile d'obtenir un palier thermique presque rigoureux, de 5 à 10 minutes, avant le début de la contraction.

Le sujet est assis le coude posé sur une table, ou plus simplement posé sur sa cuisse. Un objet quelconque, alèze roulée par exemple, soutient l'avant-bras à l'angle de flexion que la contraction du biceps maintiendra tout à l'heure. Après quelques minutes de mesures préalables, l'alèze est enlevée, et on place dans la main du sujet un poids qui exerce sa traction verticale, ou la poignée du dispositif qui sert à l'étude du travail dynamique, et qui tire horizontalement.

Dans ces conditions, au moment précis de la contraction, nous avons souvent constaté une légère déviation du galvanomètre vers le froid. Nous ne l'attribuons pas aux effets électriques du muscle

contracté, car les conditions du montage sont bien différentes de celles qui existent dans l'électro-cardiographie. Le courant ne se produit que si deux électrodes sont placées en deux points à potentiel différent. Mais ici, une seule électrode est placée sur la peau, et son contact électrique avec celle-ci n'est aucunement assuré. Même si le contact existait, la variation de potentiel d'un point du circuit, le reste étant isolé, ne produit aucun courant, mais simplement une variation de potentiel de l'ensemble. Il en existe un exemple frappant dans le chauffage des filaments des ampoules Coolidge ; le filament cathodique subit des variations de tension qui se chiffrent par centaines de kilovolts, et cela ne gêne en aucune façon le chauffage du filament par un transformateur à bas voltage, à condition que ce transformateur soit convenablement isolé.

Nous rapprocherons plutôt ce refroidissement inconstant et d'ailleurs minime de celui que nous avons constaté parfois au voisinage du muscle qui travaille, et que nous attribuons à des modifications vasculaires.

Quoi qu'il en soit, la température ainsi abaissée au début de à peine 1/10 de degré, revient ensuite à la température primitive, qu'elle tend parfois à dépasser légèrement, mais il s'agit là de variations si minimes que l'on n'ose pas affirmer leur systématisation. Nous avons varié les conditions de l'expérience, nous avons en particulier exploré la peau du deltoïde maintenant le bras tendu, et cela

jusqu'à ce que la fatigue oblige le sujet à cesser l'expérience, nous n'avons jamais pu mettre franchement en évidence l'échauffement local pourtant si net lors du travail dynamique.

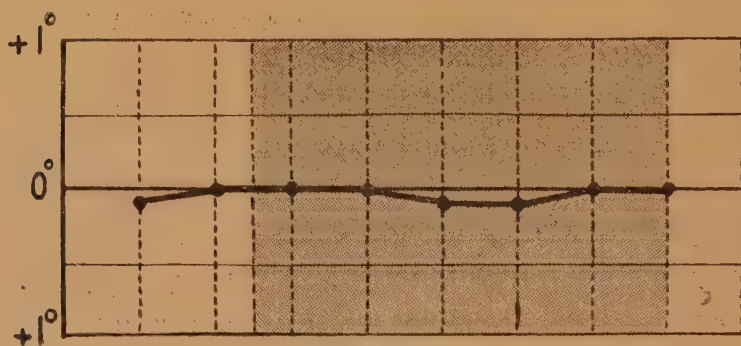


Figure 31

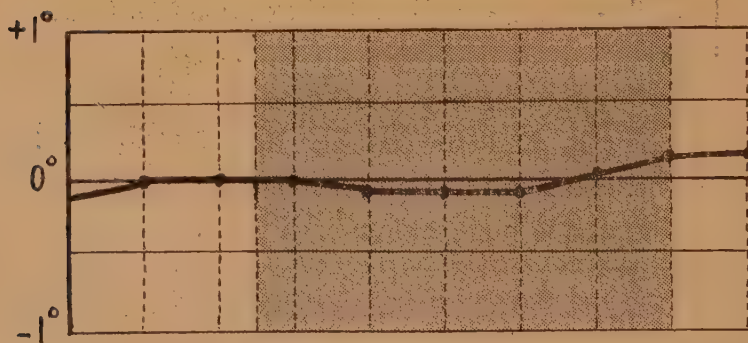


Figure 31 bis

Températures cutanées préicipitales, l'avant-bras fléchi résistant à une traction horizontale de 2 kg.
La période d'effort en grisé.

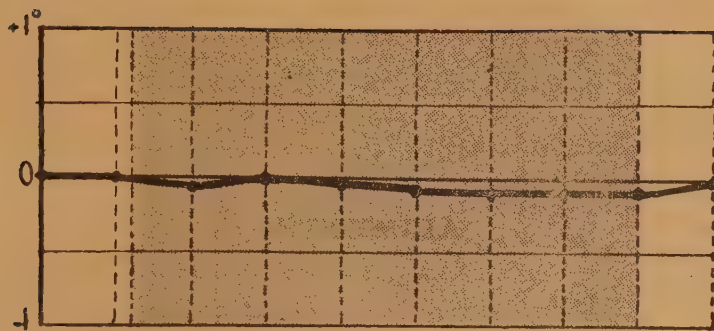


Figure 32

Températures cutanées [préicipitales, l'avant-bras fléchi résistant à une traction verticale de 2 kg.

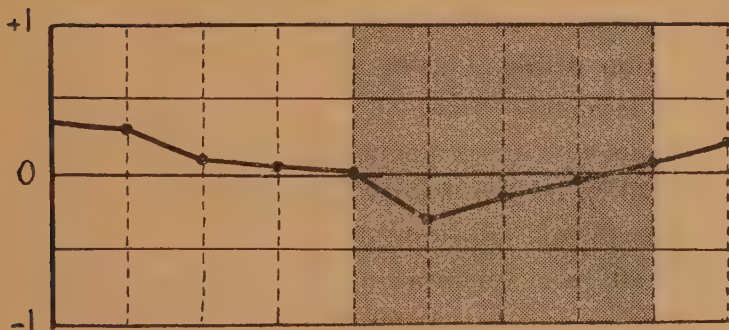


Figure 33

Températures cutanées sus-deltoidiennes, le deltoïde maintenant le bras tendu.

XI

ALIMENTS

Nous avons cherché à retrouver sur la température cutanée l'effet de l'augmentation post-prandiale du métabolisme qu'on désigne souvent sous le terme de pouvoir dynamique spécifique des aliments. Nous avons étudié la température cutanée après l'ingestion d'albumines et de graisses, qui élèvent le plus le métabolisme.

Si nous admettons que la digestion des albumines libère 30 % de leur valeur calorique, et celle des graisses 15 %, l'ingestion de 100 gr. de viande contenant 20 gr. d'albumine et 15 grammes de graisse ajoutera un peu plus de 40 calories au métabolisme de base. Mais de ces 40 calories, une partie est employée à échauffer de quelques dixièmes la température centrale du corps, et le reste, qui n'est ni produit ni éliminé dans un temps court, ne représente pas grand chose par rapport à l'élimination de base de 60 ou 80 calories par heure. Aussi est-on conduit à faire ingérer au sujet des quantités considérables de viande.

Nous avons d'abord mesuré la température cutanée du sujet à jeun, vêtu et placé au repos depuis assez

longtemps, en fait 1 heure, dans une pièce à 20°. Puis nous avons fait ingérer des quantités de viande variables.

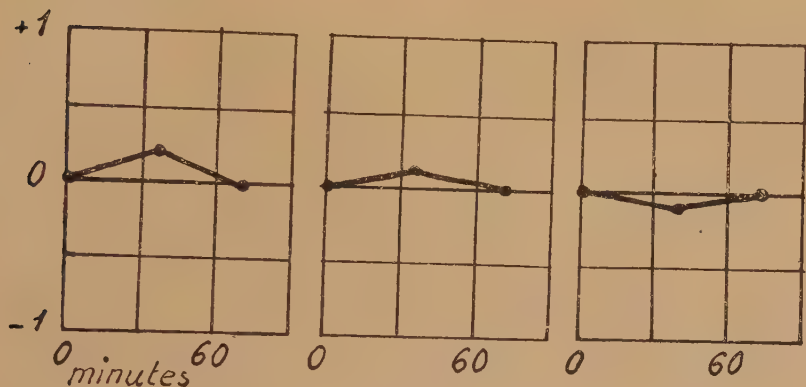


Figure 34

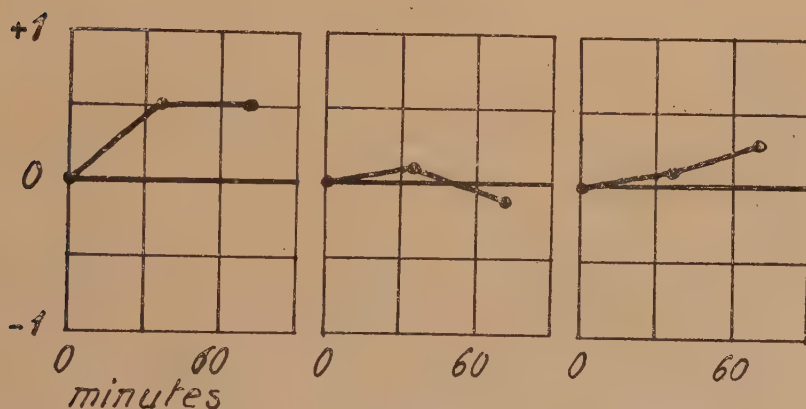


Figure 34 bis

Variations de température cutanée de 3 points du thorax après ingestion de 270 gr. de viande.

Pour une centaine de grammes, nous n'avons constaté aucune modification.

Mais chez 2 sujets qui ont ingéré 270 gr. de viande correspondant à une production supplémentaire de

100 calories, la température cutanée de 3 points du thorax tend franchement à s'élever. L'échauffement est peu intense, comme on pouvait s'y attendre, car l'élimination de ces 100 calories est répartie sur plusieurs heures, et ne se fait pas exclusivement par rayonnement. La tendance d'ensemble n'en apparaît pas moins nettement.

Il aurait été désirable d'aller plus loin, de rechercher les échauffements cutanés correspondant à chaque aliment, et leurs variations chez divers sujets pathologiques. Mais l'échauffement constaté est trop voisin des erreurs d'expérience, qu'augmente encore la difficulté qu'il y a à obtenir une température parfaitement stable du milieu extérieur, et nous avons dû nous arrêter à la simple constatation de l'échauffement cutané qui répond à l'augmentation post-prandiale du métabolisme.

TROISIÈME PARTIE

QUELQUES VARIATIONS PATHOLOGIQUES

XII

OBÉSITÉ

L'obésité a été considérée comme faisant partie des maladies à nutrition retardante, qui constituaient la diathèse arthritique. Puis la diathèse arthritique a été démembrée, et dans l'obésité elle-même, il a fallu reconnaître que le retard de la nutrition était exceptionnel; s'il y a des obésités avec métabolisme basal abaissé, elles ne sont pas la majorité. Marcel Labbé et Stévenin ont constaté que 75 % des obèses ont un métabolisme de base normal, 10 % un métabolisme fort et 15 % seulement un métabolisme faible.

Chez la plupart de ces malades, le rôle de la suralimentation est net. Il reste cependant 2 faits qui apportent une restriction : de gros mangeurs peuvent rester sans adipose, et chez quelques obèses, bien que la restriction alimentaire diminue la ten-

dance évolutive, la suralimentation habituelle n'est pas certaine, et on se trouve en présence d'une réaction particulière de l'organisme, dont le métabolisme basal ne rend pas compte.

En effet, les conditions du métabolisme de base ne sont guère réalisées que pendant le sommeil. On peut concevoir que certains individus aient une consommation de repos sensiblement normale, mais qu'ils soient incapables d'augmenter cette consommation, d'avoir la consommation de luxe par quoi un autre sujet, même suralimenté, se défend contre l'obésité.

Les échanges respiratoires seraient un excellent procédé pour étudier cette augmentation de production énergétique, si on ne se heurtait à des difficultés matérielles importantes, surtout lorsqu'il s'agit de mesurer le métabolisme du travail.

Nous aurions voulu reprendre la question par l'étude de la déperdition de chaleur chez l'obèse, et surtout de sa déperdition supplémentaire, à mesure qu'il s'éloigne des conditions du métabolisme de base. Disons tout de suite que nous avons été arrêtés encore une fois par l'impossibilité d'étudier par les températures cutanées la dépense de chaleur du sujet qui travaille, obèse comme sujet normal.

Les températures cutanées de l'obèse peuvent être mesurées sous protection vestimentaire, après exposition au froid, après alimentation, et après effort.

Sous protection vestimentaire suffisante, les températures cutanées se rapprochent bien entendu de la température centrale sans qu'on puisse en tirer aucune conclusion.

Après exposition au froid, les températures cuta-

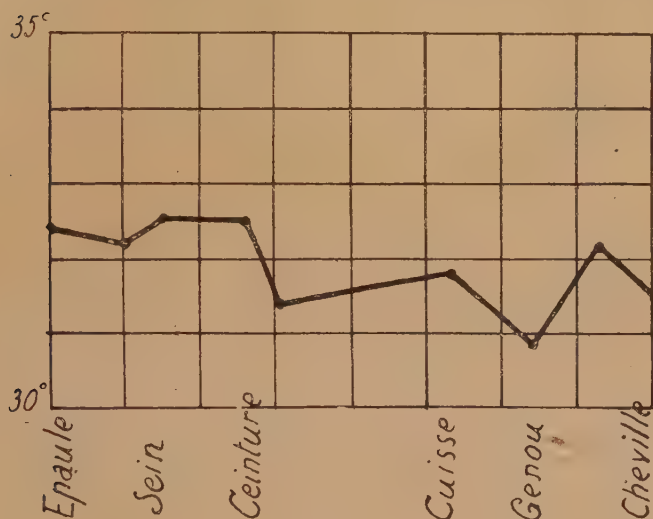


Figure 35

Températures cutanées d'une obèse nue. Milieu extérieur à 23°.

nées de l'obèse ne sont pas sensiblement inférieures à celles du sujet normal. Voici des exemples où les températures moyennes sont sensiblement celles que l'on attendrait dans les mêmes conditions chez un sujet de corpulence normale.

L'alimentation, nous l'avons vu, amène une légère augmentation de température cutanée, mais cette augmentation est beaucoup trop faible par rapport aux erreurs d'expérience pour permettre des comparaisons de chiffre.

Il ne reste donc à étudier que les variations de température cutanée à l'effort.

Nous avons recherché les variations à distance,

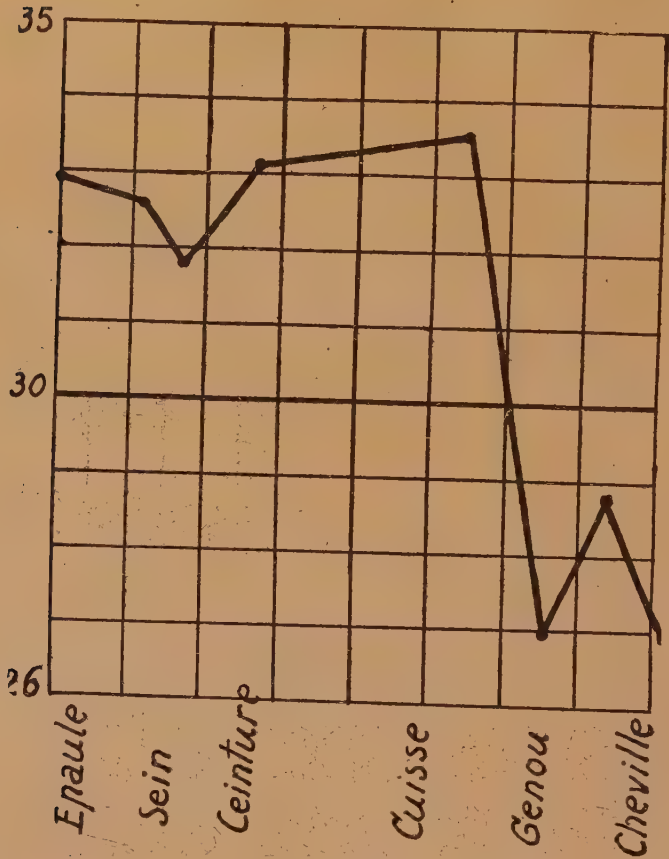


Figure 36
Températures cutanées d'une obèse nue. Milieu extérieur à 21°.

liées à un travail intense. Nous n'avons pu mettre en évidence que le refroidissement lié à la sudation, phénomène parasite qui nous avait déjà arrêté chez le sujet normal.

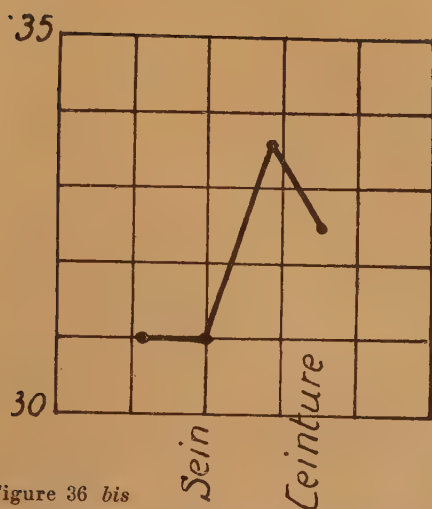


Figure 36 bis

Températures cutanées d'une obèse nue. Milieu extérieur à 22°.

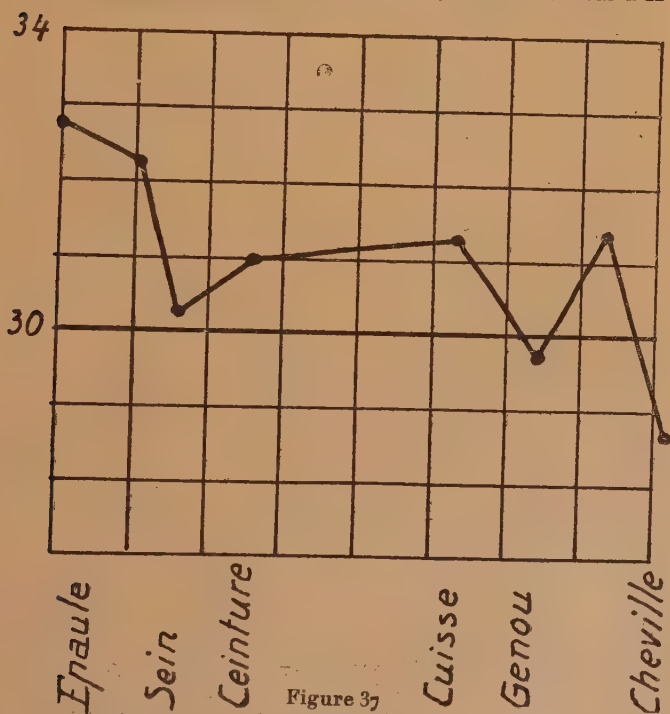


Figure 37

Températures cutanées d'une obèse ayant fourni un travail de 4.000 kgr. en 30 minutes. Milieu extérieur à 21°.

Quant aux variations de température locale au-dessus du muscle qui travaille, elles sont tout à fait différentes de celles d'un sujet normal. Le premier travail, de 2 minutes, n'amène qu'une élévation de température faible ou même nulle, qui augmente un peu pendant la minute de repos qui suit, mais

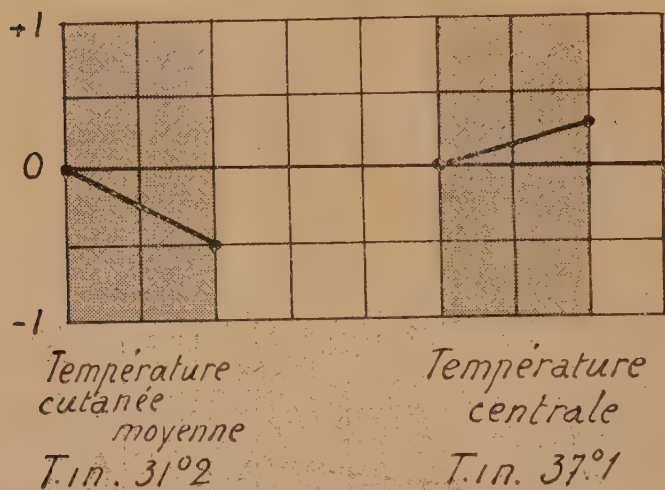


Figure 38

Températures cutanées et centrale de cette obèse avant et après l'effort.

reste inférieure aux chiffres habituels. De même après le deuxième travail de 5 minutes, l'échauffement est parfois tardif, toujours il reste sensible ment inférieur à celui du sujet normal.

Est-ce à dire que nous ayons fait la preuve de la production de chaleur moindre, qui explique la consommation moindre, et la mise en réserve, sous forme de graisse, des aliments non utilisés pour les besoins énergétiques de l'obèse? Pour séduisante

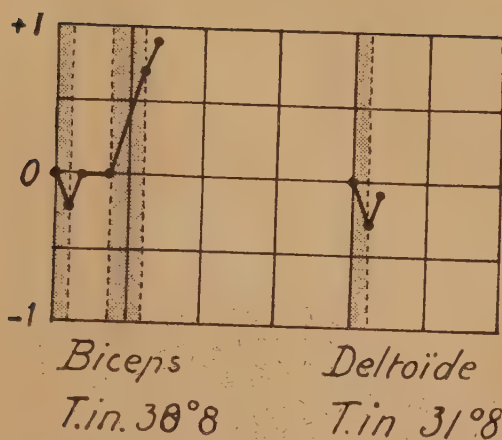


Figure 39

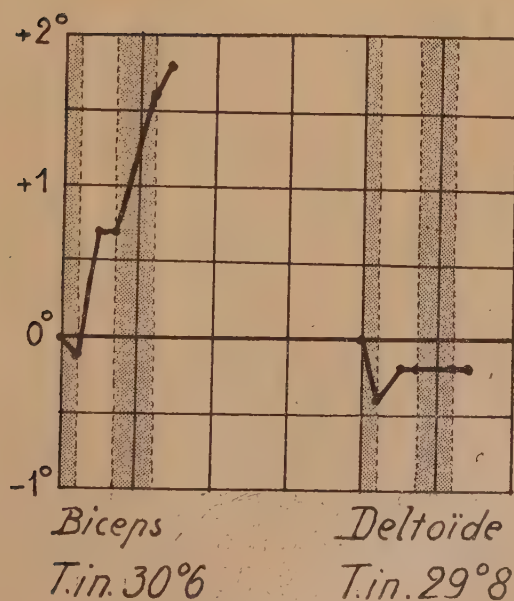


Figure 39 bis

Echauffement de la peau préicipitale par travail dynamique
chez une obèse.

que soit cette idée, elle ne résiste pas à l'examen critique. L'échauffement cutané n'est pas seulement réduit, il est aussi retardé, la couche grasseuse

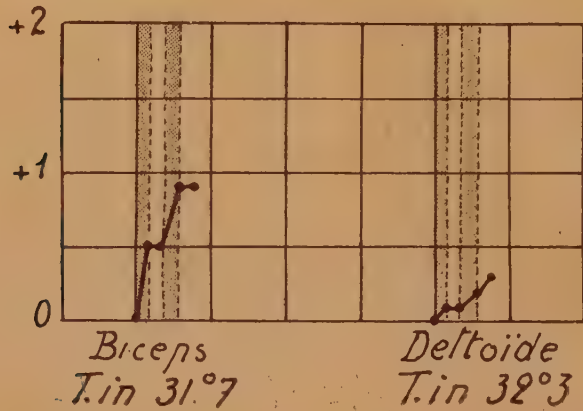


Figure 40
Echauffement de la peau précipitale par travail dynamique
chez une obèse.

Le deuxième travail n'a duré que 3 minutes 30.

interposée s'oppose à la conduction de chaleur, elle retarde son passage, et la plus grande partie de la chaleur produite est emportée par la circulation.

XIII

TUBERCULOSE

L'hyperthermie à l'effort des tuberculeux est un signe classique, qu'on a même considéré comme un élément de diagnostic.

Elle n'est pas cependant l'apanage du tuberculeux, mais elle existe chez lui avec une intensité qu'elle ne présente pas chez le sujet normal. D'après Bezançon et de Jong, la même promenade qui augmente de 3 à 5 dixièmes la température d'un homme normal donnera chez le tuberculeux une poussée thermique de 1°.

Nous nous sommes demandé si cette exagération pathologique de l'hyperthermie était la traduction directe d'une thermogénèse musculaire anormale. Nous avons donc mesuré chez ces malades l'échauffement local de la peau qui recouvre le muscle en action, et nous l'avons comparé à celui des sujets sains.

Nous avons choisi des tuberculeux subfébriles, oscillant de 37 à 38°5, présentant des formes modérément évolutives, et n'étant pas particulièrement amaigris. Les poids de 54 kgr. pour 1 m. 66, 58 kgr.

pour 1 m. 64, et 78 kgr. pour 1 m. 78 chez les 3 tuberculeux dont nous reproduisons les graphiques

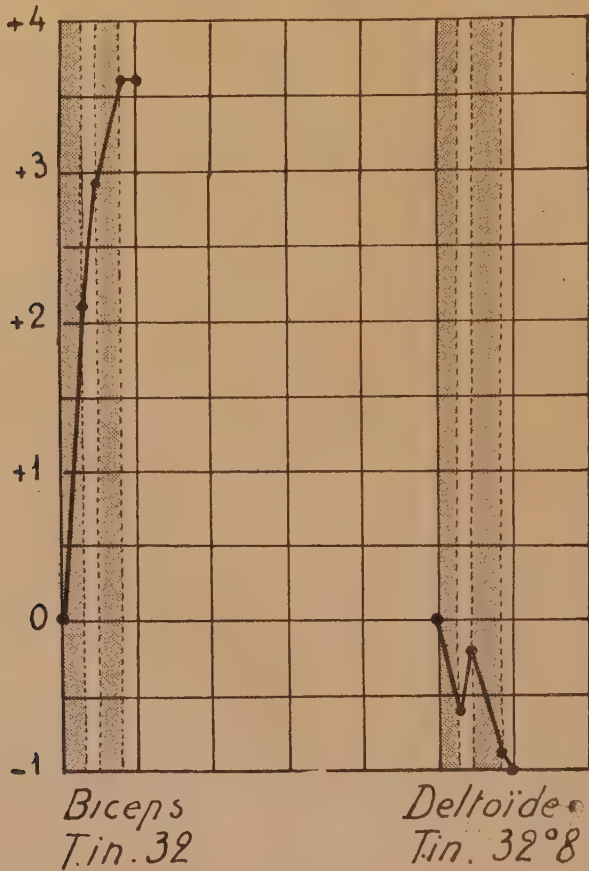


Figure 41
Echauffement de la peau précipitale par travail dynamique
chez un tuberculeux.

d'échauffement, sont comparables à ceux des sujets sains que nous avons choisi comme témoins. Ils indiquent que l'hyperthermie ne sera pas due à la disparition totale du tissu adipeux sous-cutané.

Nous avons fait effectuer à ces tuberculeux, soit le premier travail de 2 minutes, soit, lorsqu'ils en

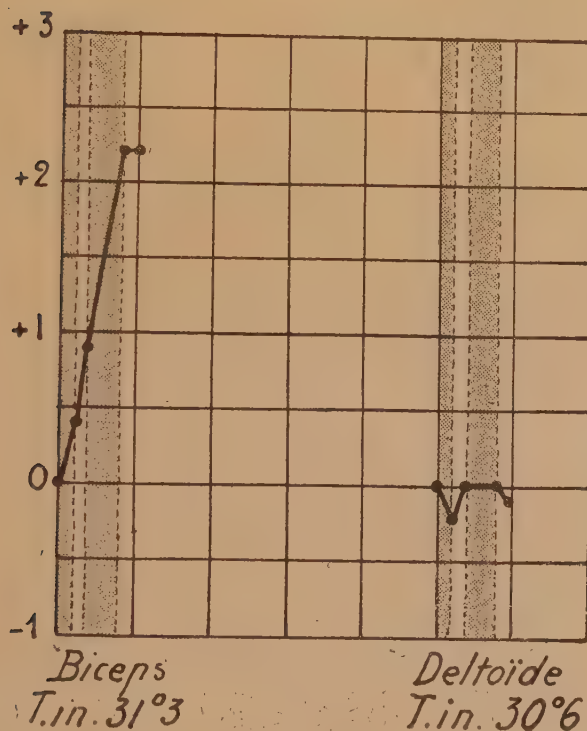


Figure 41 bis

Echauffement de la peau préicipitale par travail dynamique chez le tuberculeux.

ont été capables, les deux travaux de 2 puis de 5 minutes.

Comme on le voit, les échauffements sont dans

l'ensemble très supérieurs aux échauffements correspondants des sujets normaux. Ils assignent une

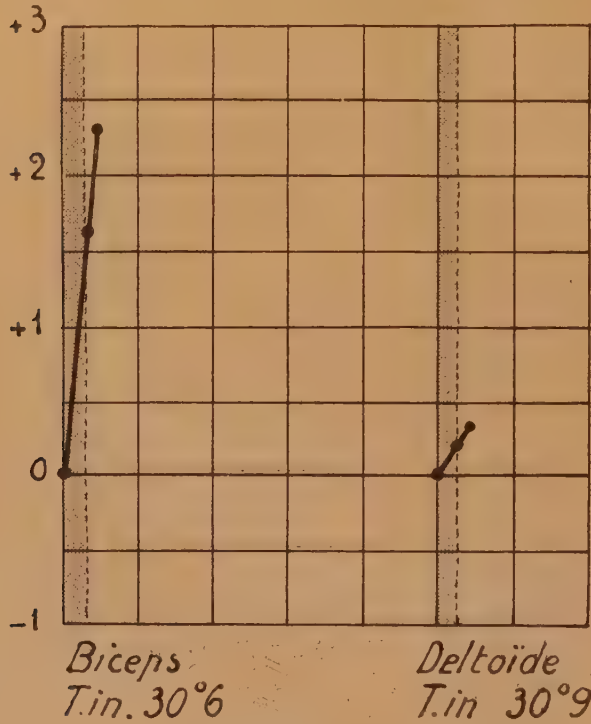


Figure 4a

Echauffement de la peau prébicipitale par travail dynamique chez un tuberculeux. Le premier travail a seul été effectué

origine musculaire à l'hyperthermie d'effort des tuberculeux.

XIV

BASEDOW

Le Basedowien à métabolisme fort qui produit de la chaleur en excès doit éliminer cette chaleur grâce

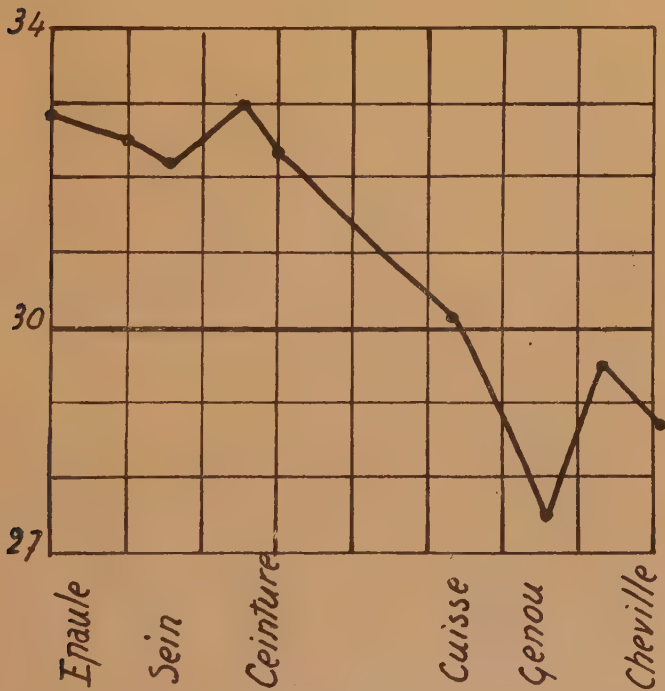


Figure 43

Températures cutanées d'un basedowien nu. M. B. + 98.
Milieu extérieur à 20°.

à un rayonnement augmenté. En effet, la chaleur de la peau est un signe classique du Basedow.

Chez 3 sujets atteints de Basedow très intense, dont le métabolisme était à peu près doublé, la température cutanée s'élève franchement au-dessus de

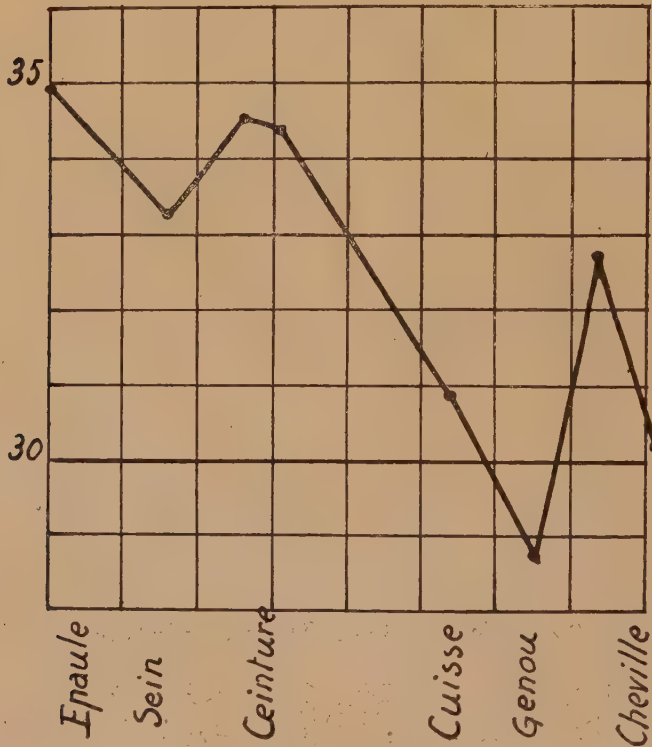


Figure 43 bis
Températures cutanées d'un basedowien nu. M. B. + 99.
Milieu extérieur à 20°.

la normale. Cependant la loi de Newton montre que cet échauffement cutané à lui seul ne suffit pas à assurer un débit calorique double du débit normal, et que les autres procédés de régulation thermique entrent également en jeu.

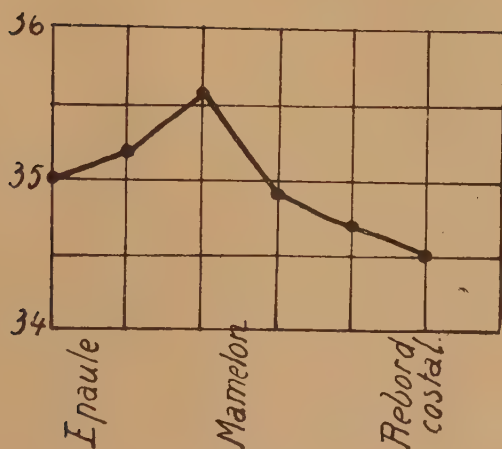


Figure 44
Températures cutanées d'un basowien n. M. B. + 106.
Milieu extérieur à 21°.

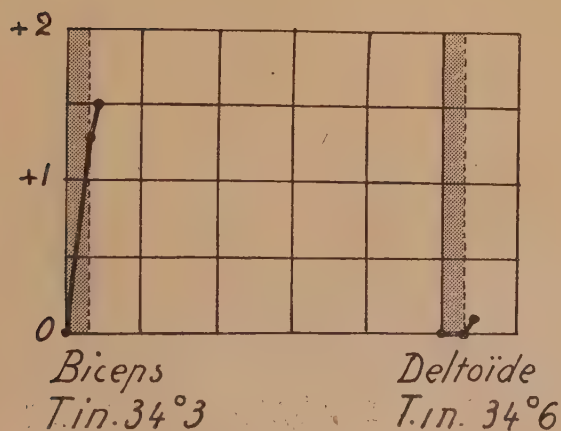


Figure 45
Echauffement de la peau préépitale par le travail dynamique
chez un basedowien. Le premier travail a seul été effectué.

Le travail donne un échauffement local normal, mais malgré sa brièveté et son peu d'intensité, il s'ac-

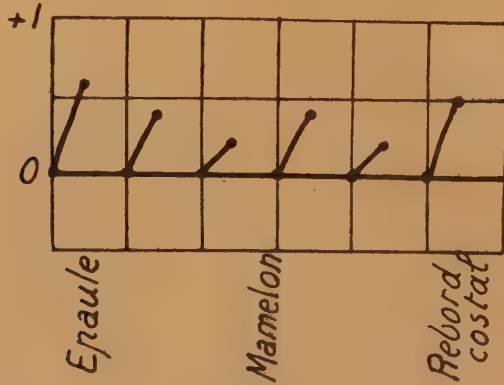


Figure 46

Variations de température cutanée à distance après ce petit travail.

compagne souvent d'un échauffement cutané général, du probablement à des réactions vaso-motrices.

APPAREIL CIRCULATOIRE

L'état de la circulation influe très largement sur la température cutanée. Le refroidissement du membre dans les artérites est une notion classique. En 1916, Babinski, Froment et J. Heitz ont utilisé le pyromètre de Mme Grunspan-Brancas pour mesurer la température cutanée d'un grand nombre de sujets atteints de paralysies traumatiques. Chez ceux qui étaient atteints de paralysies réflexes, ils ont constaté à la fois une diminution considérable des oscillations au Pachon, et un refroidissement du membre malade qui pouvait atteindre 8 et 9 degrés par rapport à celui du côté sain. Température cutanée et oscillations subissaient des variations parallèles.

Chez des blessés atteints de lésions artérielles, le refroidissement n'était pas plus considérable que dans les paralysies réflexes. On peut se demander si, dans ce cas, le refroidissement cutané ne dépend pas de la lésion du sympathique périartériel. En effet, Babinski et Heitz, puis Halsted ont cité des exemples de température cutanée normale ou haute

chez des sujets dont l'artère avait dû être liée ou réséquée.

On étudie par ce procédé l'ensemble du système circulatoire, avec ses capillaires et ses anastomoses, plutôt que le tronc principal. A côté de sa valeur bioénergétique que nous avons seule envisagée dans cet ouvrage, la thermométrie cutanée constitue un moyen d'exploration efficace de l'appareil circulatoire, et surtout de sa partie périphérique, la plus difficile à atteindre par les procédés classiques.

CONCLUSIONS

La température cutanée est un élément important de l'équilibre énergétique, car elle détermine l'émission de la chaleur rayonnée.

Elle ne peut être connue que par un thermomètre rapide, et de masse thermique minime, faute de quoi la température indiquée par l'appareil devient un complexe où interviennent également la température préexistante du thermomètre et les modifications créées par son application prolongée.

F. G. Benedict, le successeur d'Atwater au Nutrition Laboratory de Washington a mis à la disposition du service du Professeur Marcel Labbé un couple thermo-électrique qui échappe à ces critiques, puisqu'il est constitué par du fil mince, de quelques dixièmes de millimètre de diamètre, et qu'il permet d'effectuer une mesure en 8 secondes.

Nous avons pu, avec ce dispositif, étudier l'influence du froid, le rôle de protection des vêtements, et les modifications dues au travail musculaire.

L'exposition au froid amène un abaissement de la température cutanée qui s'oppose à une déperdition excessive par rayonnement. Mais cet abaissement thermique n'est pas proportionnel à celui du milieu

extérieur, comme ce serait le cas pour la surface d'un corps inerte dont le centre serait maintenu à la température constante de 37°. Le refroidissement cutané se ralentit à mesure que le refroidissement extérieur s'accroît. On doit donc penser que, à la vaso-constriction primitive classique, succède après un certain temps une vaso-dilatation secondaire.

Quant à la suppression des vêtements, elle agit, selon l'expression de Benedict, comme si on enlevait un écran alors qu'on est placé devant le feu. Le rayonnement de la peau encore chaude subit pendant quelques instants une augmentation énorme. Puis la peau se refroidit, d'abord très vite pendant la période initiale de vaso-constriction ensuite plus lentement. Le rayonnement suit une marche analogue, et finit par se stabiliser à un chiffre cependant supérieur au chiffre primitif.

Le travail dynamique provoque un échauffement local de la peau qui recouvre le muscle en action, mais à distance, sur l'ensemble du corps, c'est la sudation qui l'emporte, et qui produit habituellement un refroidissement paradoxal.

La température cutanée peut être modifiée dans quelques cas pathologiques : si chez les obèses le chiffre modéré de l'échauffement local par le travail est lié simplement à l'existence de la couche graisseuse interposée entre le muscle et la peau, l'échauffement local excessif du tuberculeux, même non amaigri, traduit sans doute une production anormale de chaleur au niveau du muscle en action. Elle

est à rapprocher de l'hyperthermie à l'effort de ces malades. Chez les basedowiens, la peau chaude rayonne largement, éliminant ainsi la chaleur produite en excès par un métabolisme exagéré.

Enfin la température de la peau varie avec l'état de la circulation, et son abaissement dans les troubles vaso-moteurs des paralysies réflexes, qui avait été signalé dès 1916, constitue un premier exemple d'exploration de l'appareil vasculaire par la mesure thermo-électrique des températures cutanées.

Vu : le Président de thèse,

M. LABBÉ.

Vu : le Doyen,

ROGER

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris

Pour le Recteur

L'Inspecteur de l'Académie

MAURELLET.

BIBLIOGRAPHIE

1° Températures cutanées :

Alexander (M. E.). — La température locale des téguments (température de surface) dans le diagnostic des affections de l'abdomen (*The New-York Med. Journ.*, n° 25, 21 juin 1919 ; *Presse méd.*, 1919, p. 520).

Babinski, Froment et Heitz (J.). — Des troubles vaso-moteurs et thermiques dans les paralysies ou contractures d'ordre réflexe (*Annales de Médecine*, octobre 1916).

Babinski et Heitz (J.). — Hyperthermie locale du membre supérieur, après résection d'un anévrisme axillaire chez un blessé présentant une paralysie complète du plexus brachial du même côté (*Soc. méd. Hôp.*, 26 déc. 1916).

Becquerel et Breschet. — *Annales des sciences naturelles (Zoologie)*, III, 1835, p. 257 ; IV, p. 243 ; IX, 1838, p. 271.

Benedict (F. G.), Coropatchinsky (V.) et Mary Finn. — Etude sur les mesures de température de la peau (*Journal de Physiologie et de Pathologie comparée*, 1928, n° 1, p. 1).

Benedict, Miles et Johnson. — La température cutanée chez l'homme (*Proceedings of the National Academy of sciences of the United States of America*, 15 juin 1919, p. 218).

— *Ibid* (*Scientific American Supplement*, 1919, p. 311).

Benedict. — *Ergbenisse der Physiologie (Asher-Spiro)*, p. 594.

— *Bull. Soc. scientif. Hygiène alimentaire*, 1926, n° 1, p. 48.

— *Ibid.*, 1927, n° 4.

A. Seligman

Brown-Sequard et Lombard. — Archives de Physiologie, t. I, 1868, p. 688.

Debat. — Les températures de la face. Th. Paris, 1914.

Grunspan (M.). — Recherches sur la diathermie (Revue de Chirurgie, octobre 1913).

Gassot. — Des températures locales de l'économie et de leurs variations à l'état pathologique. Th. Paris, 1873.

Halsted. — Elévation frappante de la température de la main et de l'avant-bras suivant l'excision d'un anévrysme de la sous-clavière (Bull. of the John Hopkins Hospital Baltimore, juillet 1920; Arch. mal. cœur, 1922, p. 390).

Kunkel. — Zeitschr. f. Bio., 1888, 25.

Lefèvre. — Chaleur animale et bioénergétique (Masson, Paris, 1911).

Rubner. — Arch. f. Hygien., 1895, 23, p. 13.

Seligman. — La température de la peau (La Médecine, juillet 1927).

Sluiter et van Rijnberk. — Le rayonnement de la peau chez l'homme (Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde, 12 juin 1926).

Vaschide et Meunier. — Sur les températures locales cutanées (Soc. méd. Hôp., 11 octobre 1901).

Vignes (H.). — Présentation de courbes de températures locales au cours de l'évolution des plaies de guerre (Société de Pathologie comparée, 8 janvier 1918).

2° Les notions de physiologie auxquelles il est fait allusion sont extraites des ouvrages classiques, en particulier de :

Gley. — Traité de Physiologie.

Richet. — Dictionnaire de Physiologie.

et des ouvrages suivants :

Arsonval (d'). — Nouvelle méthode de calorimétrie humaine (Archives de Physiologie, 1894, p. 360).

Bergonié. — De la résistance thermique, ou coefficient d'utilité des vêtements confectionnés (Soc. de Biol., 2 fév. et 2 mars 1904).

Bezançon et de Jong. — Valeur de l'instabilité thermique comme signe révélateur de la tuberculose pulmonaire au début (Bull. méd., 29 mars 1910).

Chauveau. — Le travail musculaire. Asselin, Paris, 1891.

— Journal de Physiologie et de Pathologie générale, mars 1900.

— C. R. Acad. Sciences, 1896; 1901; 1906.

Labbé (M.) et Stévenin. — Le métabolisme des obèses (Société de Pathologie comparée, 21 avril 1925).

TABLE DES MATIÈRES

Pages

PREMIÈRE PARTIE

SIGNIFICATION ET MESURE DES TEMPÉRATURES CUTANÉES.

I. — Introduction.....	9
II. — Appareillage.....	12
III. — Technique des mesures.....	22

DEUXIÈME PARTIE

LES TEMPÉRATURES PHYSIOLOGIQUES.

IV. — Températures du sujet nu.....	33
V. — Protections vestimentaires. — Courants d'air.....	44
VI. — Détails de topographie thermique.....	55
VII. — Travail et thermogenèse.....	62
VIII. — Le travail dynamique (effet local).....	66
IX. — Le travail dynamique (effet à distance).....	73
X. — L'effort statique.....	83
XI. — Les aliments.....	88

TROISIÈME PARTIE

QUELQUES VARIATIONS PATHOLOGIQUES.

XII. — Obésité.....	91
XIII. — Tuberculose.....	99
XIV. — Basedow.....	103
XV. — Troubles circulatoires.....	107
CONCLUSIONS.....	109

